



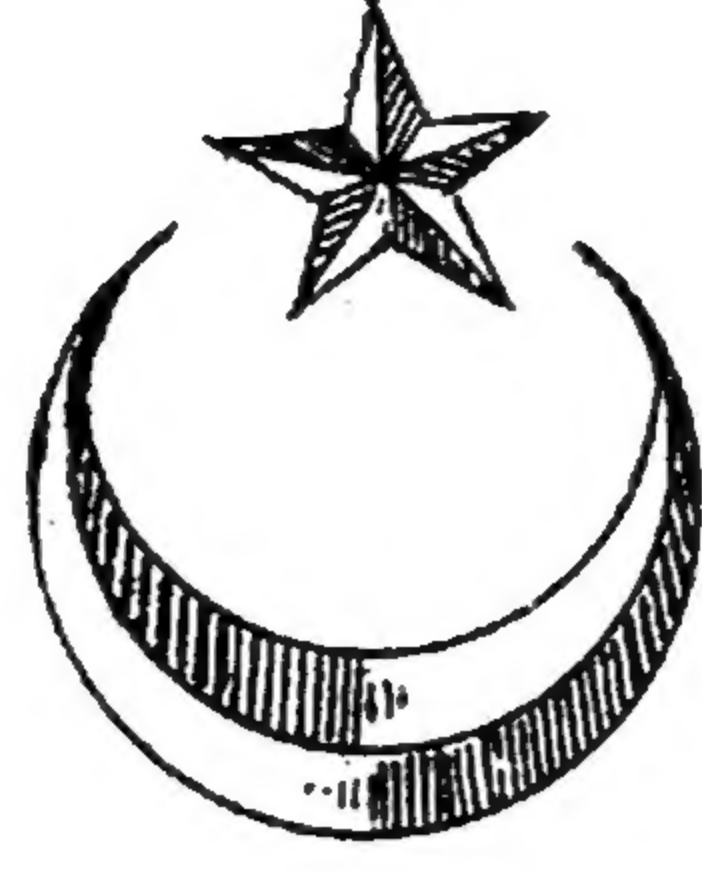
دروس
الأيدروستاتيك
الجاري تدريسها لتلامذة السنة الثانية من مدرسة المهندسخانة الخديوية
بمعرفة
حضرة احمد بك ذهني
ناظر المدرسة

على حسب الجدول التفصيلية للعلوم الجارية تدريسها بمدرسة المهندسخانة الخديوية
الصادر عليها قرار قطارة المعارف العمومية في ٣٠ أغسطس سنة ١٨٩٤ المجعولة ذيل
لقانون المدرسة المذكورة المصدق عليه من مجلس النظار في ٨ يونيو سنة ١٨٩٢

لحقوق الطبع محفوظة للمدرس

طبع في مدرسة المهندسخانة الخديوية بسراي دربا الجماميز

١٨٩٦ سنة
افريقية



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مبادئ علم الأيدروستاتيك المقدمة

علم الأيدروستاتيك يبحث فيه عن الخواص الميكانيكية للسوائل أو عن معرفة تأثير السوائل بعضها على بعض أو على الأجسام الملامسة لها وعن بيان وترتيب الظواهر المختلفة للسوائل وجعلها تحت قوانين عمومية ويتوصل لذلك بوضع قواعد أساسية مؤسسة على المشاهدة والتجربة بواسطتها يمكن إيضاح تلك الظواهر بالطرق الهندسية والجبرية وإيضاح تلك الظواهر سياق أيضا على النتائج من نتائج التعاريف والخواص التي يجري تصورها ثم أن اختبار صحة القواعد المذكورة يكون بمطابقتها على الحقائق التي تظهر لنا من نتائج الأدلة

وما سيذكر في أوائل هذا العلم يحتاج إلى معرفة مبادئ الهندسة المستوية وجانب من علوم الجبر وحساب المثلثات والاستاتيك وفيما بعد يحتاج إلى معرفة جانب من الهندسة التحليلية وبعض مباحث من علم الديناميك وحيث أنه عند الاشتغال في أي علم ميكانيكي تتخذ قواعد تجريبية أساسا للأدلة المطلوبة أو قواعد مستنتجة من التعاريف والفروضات المتخذة من الحقائق المشاهدة فكذا في هذا العلم يستند على قواعد وقوانين تجريبية وقد تستنتج هذه القواعد والقوانين أحيانا من ידיهيات السوائل وتعاريفها وذلك كما ذكرنا في الباب الأول قانون تساوي الضغوط في جميع الجهات وانتقال الضغط بصفة قاعدتين تجريبتين ثم اتبنا ذلك باستنتاج هذين القانونين بالأدلة القوية من التعاريف البديهية

وتصور الضغوط المختلفة للسوائل وتقديرها يعد ضمن الصعوبات التي تصادفنا لكن إذا تأملنا نرى أن تلك الصعوبات عين الصعوبات التي صادفنا في تصور السرخ المختلفة وتقديرها

فكما أن الجسم المتحرك بحركة متغيرة له في كل لحظة زمنية سرعة مخصوصة يمكن تقديرها وتعيينها فكذلك

يمكن

يمكن تصور الضغط الواقع على كل نقطة من نقط السائل وبمقارنته بوحدات مخصوصة يمكن تقديره بالحساب وفي المسائل المتعلقة بتوازن السوائل توجد طريقة تصورية بها يمكن تحويل هذه المسائل الى شكل مسائل استاتيكية وحينئذ فيمكن استعمال قوانين التوازن الخاصة بالأجسام الصلبة عليها وبعض النتائج المهمة جدا للعلم توجد في انشاء الآلات الايدروليكية وبمفص هذه الآلات التي تشرح أكثرها فيما بعد نرى كيف تكون التطبيقات العملية لهذه السوائل عامة وأنها مع كونها تستعمل في أصعب شغل يخص بالبكر والروافع فأنها تستعمل أيضا في أدق الأشغال كتحسين الأثقال والمقاسات فالمضغط الايدروليكي وآلة قياس أجام الأجسام الصلبة (الاستريومتر) يوضحان لنا استعمال خواص السوائل في الحدين النهائيين

والمواد المطبوعة بالأحرف الصغيرة في نفس الكتاب الأصلي في الصحف الآتية منه يمكن الاستغناء عنها في أول دفعة يطالع فيها هذا الكتاب وأما أسئلة الاختبار التي تتبع الثمانية أبواب الأول فالقصد منها أن تكون أمثلة أولية على الأبواب المذكورة وأما الأمثلة التي تأتي بعد ذلك فهي صعبة نوعا وتستلزم تأخير الاشتغال بها الى انتهاء حل ما سبقها من المسائل وقد فرضنا في هذا العلم معرفة القضايا الآتية وهي

حجم الهرم أو المخروط يساوي ثلث حجم المنشور أو الأسطوانة المتحدة معه في القاعدة والارتفاع وحجم الكرة يساوي $\frac{4}{3} \pi r^3$ وسطحها يساوي $4\pi r^2$ (و هو عبارة عن نصف القطر) وحجم مجسم القطع المكافئ المتحرك يساوي نصف حجم الأسطوانة المتحدة معه في القاعدة والارتفاع والسطح المحدب للمخروط يساوي $\pi r l$ (و هو نصف قطر قاعدة r ونصف زاوية الرأس l) وهذا المقدار يمكن كتابته بهذه الصورة

$$\pi r l = \pi r^2 \frac{l}{r} = \pi r^2 \frac{h}{r} = \pi r h$$

وهو هو ارتفاع المخروط

ومساحة القطع الناقص تساوي $\pi a b$ (١٤٠) a و b هما طول المحورين ومساحة قطعة من قطع مكافئ مقطوعة بأحدائ رأسى تساوي ثلثي المستطيل الذي ضلعاؤه الأحدائ الرأسى والأحدائ الأفقى المقابل له وقد فرض أن ثقل القدر المكعب من الماء يساوي ١٠٠٠ أوقية الخليزى (الرطل = ١٦ أوقية = ٥٠٣ ر٥٩ جرام)

الباب الأول

تعريف السائل - انضغاط الموائع - ضغط السوائل - انتقال الضغط - تساوى الضغط في جميع الاتجاهات - المناخ الايدروليكية - التناقض الايدروليكي - المضاعط الايدروليكية - صامات الأمن

سـد إعلم أن السوائل تقاوم الضغط مقاومة عظيمة ولا بد من صرف قوة لأجل غمر اليد في الماء وهذه القوة لا تكون محسوسة حينما يكون الجسم المغمور خفيفا فاذا غمرت قطعة من الخشب أو الفلين مثلا في الماء فإن المقاومة الناتجة من الانغمار تكون كبيرة كلما كان الجسم المغمور كبيرا وهذه المقاومة ينشأ عنها ضغط السائل على سطح الجسم المغمور واذا علمت فتحة في إحدى جوانب اناء مملوء بالماء وغطيت بقطعة معدنية لمنع خروج الماء منها وأوقع على القطعة المعدنية المذكورة قوة معينة لتحفظها في وضعها الأصلي فإن هذه القوة تكون مضادة لضغط الماء على القطعة المذكورة ومساوية لمقدار الحقيقي

والموجعينا يكون ساكنا يحدث ضغطا يمكن ان يتحقق منه بواسطة طلبة هواية وقد يوجد جملة تجارب تثبت ذلك أبسطها هو أن يؤخذ ناقوس من زجاج رقيق جدا ويستفرغ الهواء منه فتم الاستفراغ المذكور فإنه يرى تبدد الناقوس وذلك بسبب الضغط الخارجي للهواء عليه والهواء المتحرك يحدث ضغطا أيضا وتأثير ذلك الضغط مشاهد في حركة طواحين الهواء وسير المراكب في البحار وغير ذلك من أشياء كثيرة متعارفة

سـد جميع المواد كالماء والزيت والزئبق والبخار والهواء أو أى نوع من الغازات تسمى سوائل ولأجل أن نعرف السائل يلزم ان نبحث عن الخاصية المشتركة بين جميع هذه المواد المختلفة التي لاتتعلق بالخواص التي تتميز بها تلك المواد بعضها عن بعض وهذه الخاصية هي انتقال جزيئات السائل وسهولة انفصال هذه الجزيئات بعضها عن بعض ومن كلمة السائل نفسه بحيث لا يوجد أدنى مقاومة محسوسة عند انفصال أى جزء منها سواء كان كبيرا أو صغيرا

واذا غمرت لوحة معدنية رقيقة جدا في الماء فإن المقاومة لانغمارها في اتجاه مستويها تكون ضعيفة جدا حتى يكاد ان يفرض أن كلمة السائل لو تلامس اللوحة المذكورة وبعبارة أخرى أنه لا يوجد تأثير مشابه للاحتكاك الناشئ من وضع لوحة معدنية رقيقة بين لوحين مستويين من الخشب متجاورين اذا تقرر ما ذكر يستنتج التعريف الآتى وهو

السائل كلمة مادية يمكن تجزئتها بسهولة من أى اتجاه منها وانفصال أى جزء صغير جدا منها بسهولة ويوجد أيضا خاصية أخرى أساسية للسوائل وهي

أن الضغط الواقع من أى سائل على سطح ماء يكون عموديا على السطح المذكور

سـد يوجد نوعان من السوائل وهما الموائع والغازات فالموائع غير قابلة للانضغاط حسييا وأما الغازات فإنها تنضغط بسهولة جدا بتأثير أى قوة خارجية تقع عليها ومتى زالت هذه القوة أو نقصت فإن الكلمة الغازية يتمدد حجمها ثانيا

والموائع والحقيقة قابلة للانضغاط لكن بدرجة ضعيفة جدا وقد ثبت من التجارب التي علمت بمعرفة العلماء كانتون *Canton* سنة ١٧٦١ وبركنز *Porkinz* سنة ١٨١٩ وأرستيد *Arsted*

في سنة ١٨٤٣ وكلا دون *Colladon* واستورم *Sturm* في سنة ١٨٤٩ وعلماء آخرون قابلية الموائع للانضغاط

ثم أن العالمين الآخرين استنتجوا النتائج الآتية باعتبار تأثير ضغط جو واحد أي ١٥ رطل الانجليزي (والرطل الانجليزي = ٤٥٣.٥٩ جرام وضغط الجو في الدرجة الاعتيادية يساوي ١٥ رطل تقريبا وهو المتبع في العمل في الآلات البخارية) على كل بوصة مربعة في درجة صفر من الحرارة

مقادير انضغاط الوحدة الحجمية

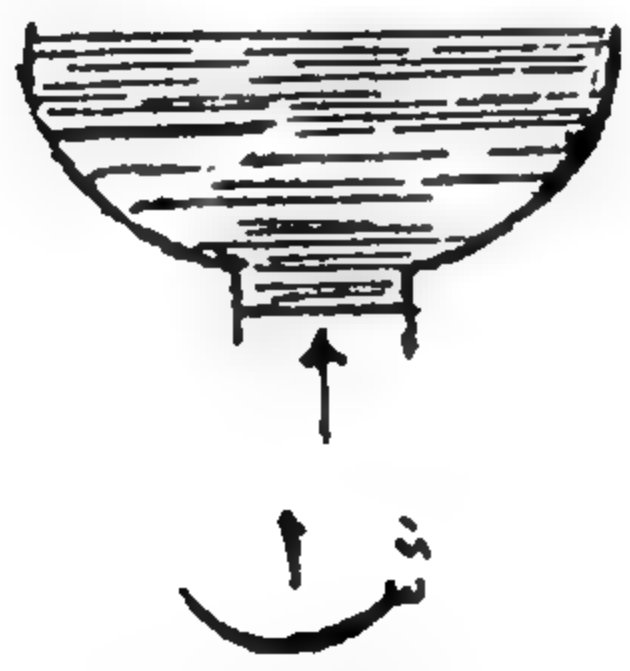
زيت ٥ ٥
ماء مقطر ٤٩ ٥
ماء مقطر مستخرج من الهواء ٥١ ٥
ايتير كبريتي ١٣٣ ٥

وبالحيلة فإن نقص حجم كل مائع يكون مناسباً للضغط الواقع عليه مثلاً إذا كان H الحجم الأصلي للمائع و H' حجمه تحت ضغط جو P فيكون $H - H'$ هو نقص الحجم H وحينئذ يكون $\frac{H - H'}{H}$ هو نقص وحدة الحجم وعلى ذلك فيمكن وضع القانون الآتي

$$\frac{H - H'}{H} = \frac{P}{P_0}$$

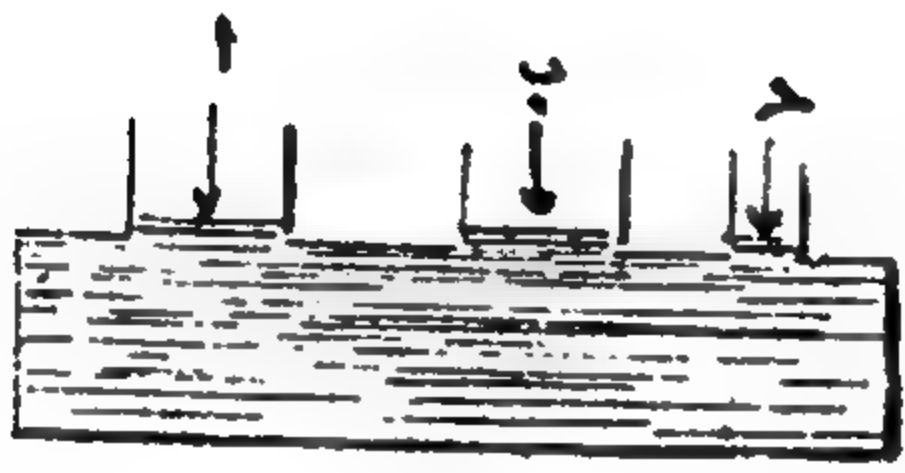
الذي فيه P تختلف بحسب الموائع المختلفة
فبالنسبة للزيت مثلاً إذا قيس الضغط الواقع عليه باعتبار الضغط الجوي وحدة يكون $P = 0.000000$ وسنعتبر في جميع الأسئلة المختصة بالتوازن أن الموائع غير قابلة للانضغاط
قياس ضغط السوائل

يُقاس الضغط الواقع من السائل على سطح الأناء المشتل عليه بواسطة القوة الواقعة على وحدة السطح مثلاً إذا كان أناء ذو قاعدة متحركة شكل محتوياً على ماء وكان من الضروري أن يوقع على هذه القاعدة ضغط من أسفل إلى أعلا يساوي ٦٠ رطلاً لأجل ثباتها في موضعها الأصلي فيكون مقدار الضغط الواقع من الماء على القاعدة المذكورة عبارة عن ٦٠ رطلاً وإذا فرض أن مساحة القاعدة تساوي ٤ بوصة مربعة باعتبار



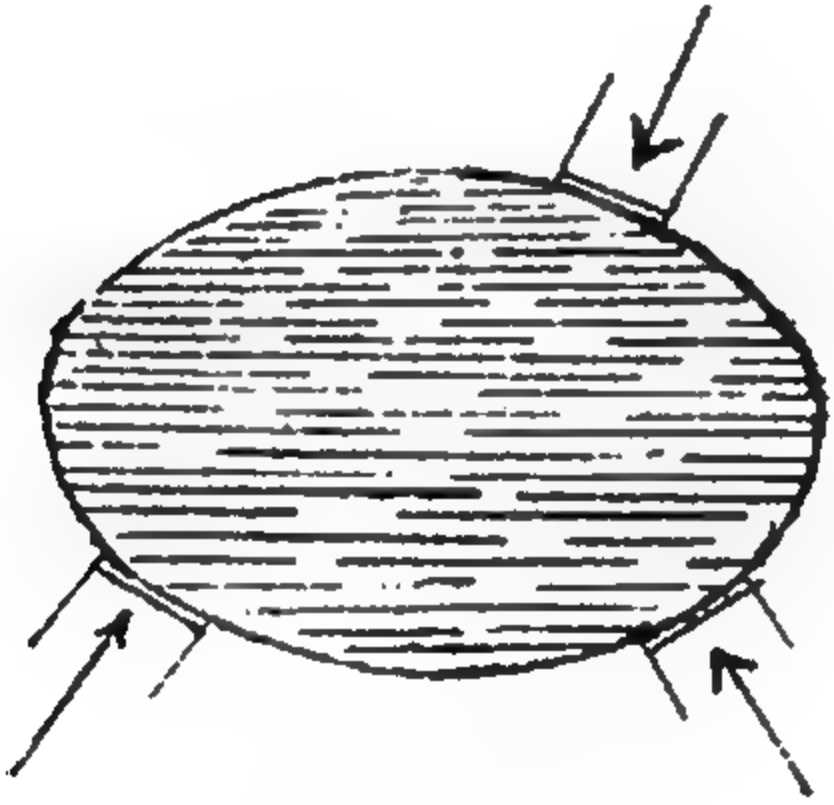
أن البوصة المربعة وحدة لسطوح فيكون قياس الضغط الواقع على أي نقطة من القاعدة يساوي ١٥ رطلاً ولا يخفى أن الضغط الواقع على أي نقطة من سطح القاعدة هو طبعاً مساوٍ للصفر لكن قد استعمل لفظ (الضغط الواقع على أي نقطة) من باب الاصطلاح فقط لبيان الضغط الواقع على الوحدة السطحية المشتملة على هذه النقطة فإذا كان الضغط الواقع على السطح متغيراً كالضغط الواقع على الجوانب الرأسى للأناء مثلاً فإن الضغط الواقع على أي نقطة من هذا السطح يقاس بالضغط الواقع على وحدة السطح بفرض أن الضغط الواقع على الوحدة المذكورة

بتمامها يكون بدرجة واحدة كما اذا كان واقعا على نقطة واحدة
ولقياس ضغط السائل الواقع على أى نقطة داخلية نتصور جزأ سطحيا صغيرا جدا مشتملا على هذه النقطة ونتصور
أن السائل قد حذف من إحدى جهتيه وأن الجزء السطحي المذكور حفظ في موضعه الأصلي بتأثير قوة مثل $\frac{1}{2}$
وطا حينئذ اذا كان $\frac{1}{2}$ رمز المساحة الجزء السطحي المذكور وكان الضغط الواقع عليه منتظما فيكون المقدار
 $\frac{1}{2}$ مينا للضغط الواقع على وحدة السطح في موضع النقطة المذكورة ويرمز له عادة بالرمز $\frac{1}{2}$
فإذا كان الضغط الواقع على هذا السطح متغيرا فتصور أن المساحة $\frac{1}{2}$ للسطح المذكور صغيرة جدا حتى أنه يمكن
اعتبار الضغط الواقع عليه منتظما تقريبا وفي هذه الحالة يكون الضغط $\frac{1}{2}$ صغيرا جدا كالمساحة $\frac{1}{2}$ ولا يزال المقدار $\frac{1}{2}$
أوضح يعرف به درجة الضغط على أى نقطة من السطح المذكور (مع ملاحظة أن $\frac{1}{2}$ في هذه الحالة هي نهاية النسبة $\frac{1}{2}$ عند نهاية
صفر كل من $\frac{1}{2}$ و $\frac{1}{2}$) انتقال ضغط السوائل



ش ٢

ش ٢ الضغط الواقع على سائل ما ينتقل بالتساوي على جميع أجزاء السائل
مثلا اذا كان اناء مغلق شكل $\frac{1}{2}$ مملوا بالماء وفتح في جزئه العلوي
فتحتان متساويتا السعة $\frac{1}{2}$ ب و غلقتا بمكبسين وأوقع على المكبس $\frac{1}{2}$ مثلا
ضغطا $\frac{1}{2}$ فيلزم أن يوقع على المكبس ب ضغط مساو للضغط المذكور لينع
ذلك المكبس من التقهقر ويجعله حافظا لموضعه الأصلي ولكن اذا عملت فتحة ثالثة $\frac{1}{2}$ سعتها مغايرة
لسعة كل من الفتحتين المذكورتين وغلقت بمكبس يرى أنه يلزم أن يوقع على هذا المكبس ضغط بحيث تكون
النسبة الكائنة بين هذا الضغط والضغط الواقع على المكبس $\frac{1}{2}$ كالنسبة الكائنة بين سعتي الفتحتين
 $\frac{1}{2}$ و $\frac{1}{2}$ سواء وجد المكبس ب أو لم يوجد



ش ٣

وعلى العموم اذا فرض اناء ذو شكل حيثما اتفق شكل $\frac{1}{2}$ وعمل فيه عدة فتحات
وغلقت بمكبس أجرى تثبيتها بقوى معينة وفرض أنه أوقع قوة اضافية مثل $\frac{1}{2}$
على أحد المكابس يرى أنه يلزم أن يوقع على جميع المكابس الأخرى قوى أخرى بحيث
تكون نسبتها الى القوة كنسبة اسطح المكابس الأخرى الى سطح المكبس الواقعة عليه القوة $\frac{1}{2}$
ش ٣ ولزيادة ايضاح انتقال الضغط بالتساوي نتصور انبوبة منحنية



ش ٤

منقوحة الطرفين شكل $\frac{1}{2}$ مملوء بالماء أجرى عليها
في الموضعين $\frac{1}{2}$ ب وحينئذ يرى بدهة أنه اذا أوقع قوة
اضافية على المكبس $\frac{1}{2}$ فإنه يلزم أن يوقع على المكبس ب
قوة مساوية لها لتثبيته وعدم تقهقره وحفظ السائل
في موضعه

فإذا فرض في الشكل ان $\frac{1}{2}$ ب مكبسان متساويان وأجرى
توصيل أحدهما بالآخر بواسطة شكلها حيثما اتفق قطاعها مستقيم وتصورنا تجدد جميع السائل ما عدا الموجود منه
داخل

داخل الماسورة فإن حالة التوازن لا تتغير حيث أن ضغط السائل في كل نقطة عمودي على سطح الماسورة سواء كان السائل جامدا أو غير جامد وأن الضغوط الإضافية على a وب لا تزال متساوية كما كانت وكذا إذا فرض أن المكبس a ثابت والمكبس b وضع في وضع حيثما اتفق فبمقتضى ما تقدم يكون الضغط الواقع عليه واحدا مهما كان وضع مستوي وبعبارة أخرى أن ضغط السائل يكون واحدا في جميع الاتجاهات وستكمل على هذه القضية بحالة عمومية في البند الآتي والحقيقة التجريبية التي مقتضاها أن الضغوط الواقعة على المكابس ذوات السعات المختلفة مناسبة لهذه السعات يمكن استنتاجها كما هوأت

إذا فرض أثناء مغلق وعمل فيه فحتمان ووضع فيها مكبسان أحدهما a ذو شكل مربع والآخر b سطحه مكون من مربعين أو أكثر كل منها مساو a يكون الضغط الإضافي الواقع على كل من تلك المربعات مساويا للضغط الواقع على a وتكون نسبة مجموع الضغوط الإضافية الواقعة على b إلى الضغط الإضافي الواقع على a كنسبة المساحة b إلى المساحة a

سـد الضغط الواقع على نقطة ما من السائل يكون واحدا في جميع الاتجاهات أعني أنه إذا وضع سطح مستوي صغير مستقر على تلك النقطة فضغط السائل على السطح المستوي المذكور في النقطة المذكورة يكون غير متعلق بوضع المستوى المذكور

والشكل الثاني الموجود في البند الخامس يمكن أن يستعمل لأيضاح هذه القضية وهي أنه إذا فرض أنه يمكن تغيير وضع سطح أحد المكابس المركب على إحدى الفتحات فإنه يرى أن الضغط لا يتغير

سـد إذا فرض كتلة سائلة ساكنة فكل جزء منها يمكن اعتباره نجح بدون تغيير حالة التوازن أو ضغط السائل المحيط به

لأن كل جزء من كتلة السائل يمكن اعتباره كجسم منعزل محاط بالسائل الذي يضغط ضغطا عموديا على جميع نقط سطحه

ويجوز هذا لا يحدث تغيرا في الضغوط الواقعة عليه وحينئذ لا يحدث أدنى تغير في الضغط الواقع على أي نقطة أخرى من السائل

وهذه القضية تساعد على استعمال قوانين الاستاتيكا في حالات توازن السوائل

سـد المنفاخ الأيدروستاتيكي آلة بها يمكن إيضاح انتقال ضغط السوائل

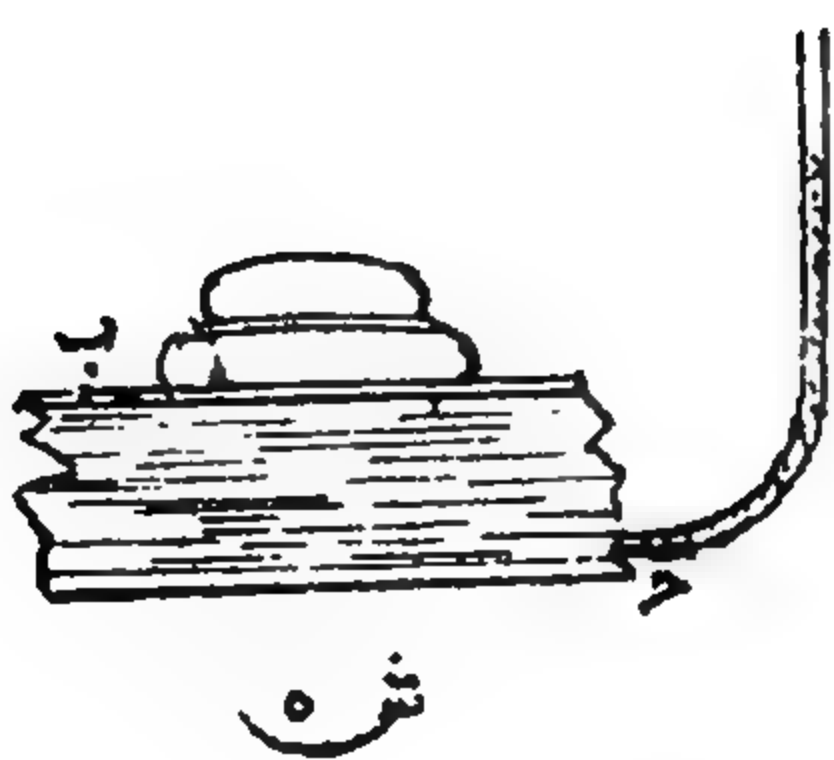
إذا فرض أن b شكله هو السطح العلوي لاسطوانة جانبها من السخيتان

وفرض أن a ماسورة متصلة بها وفرض أن الماسورة والاسطوانة المذكورتين

ملوئتان بالماء فإنه يمكن أن يرفع ثقل عظيم واقع على b بضغط قليل واقع

على a من الماسورة المذكورة

وحيث أن مقدار هذا الثقل يكون مناسباً لسعة السطح b فبالنفخ فقط



(٨)

داخل الماسورة من جهة ٢ بدون استعمال الماء يمكن رفع الاثقال
ش ٣ التناقض الايدروستاتيكي - كل كمية من سائل مهما كانت صغيرة يمكن ان تستعمل في حمل
اي ثقل مهما كان كبيرا

وهذه طريقة اخرى لايضاح قاعدة انتقال الضغط لأنه يمكن ان يفرض في الشكل المتقدم امتداد الماسورة
ح ٢ رأسيا وأن الضغط يتولد من صب الماء فيها الى ارتفاع عظيم الى أن يحدث الضغط المطاوع على ٢
بواسطة عمود المائع الذي فوقها

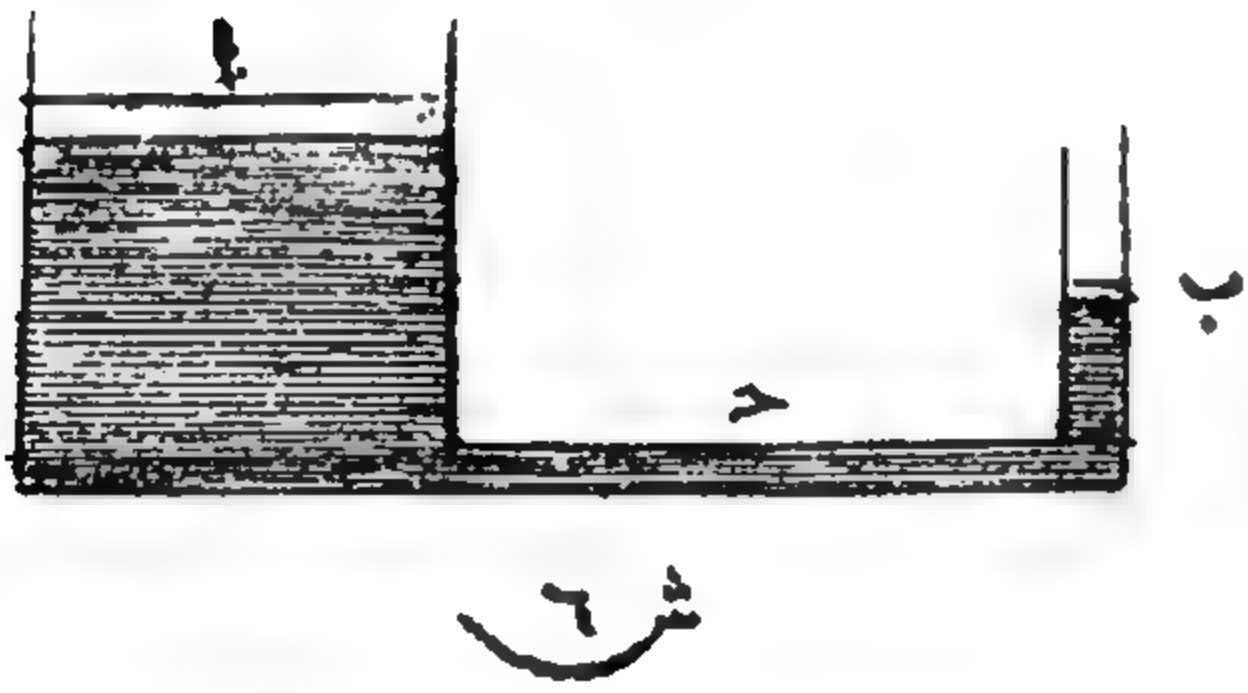
ويمكن أن تكون الماسورة المذكورة رفيعة جدا حتى أن الضغط الواقع على القطاع ٢ يمكن ان يكون
صغيرا جدا وحيث أن هذا الضغط ينتقل على كل جزء مساو للقطاع ١ من السطح ب فينشذ يمكن
الحصول على قوة عظيمة جدا على حسب الإرادة

ولأجل ازدياد القوة الواقعة على السطح ب من أسفل الى أعلى يلزم تكبير ذلك السطح أو ازدياد ارتفاع عمود
المائع في الماسورة مع ملاحظة ان نهاية ازدياد القوة تكون بحسب مقاومة الماسورة والأسطوانة
لازدياد الضغط

وإذا جعل الارتفاع ب ح صغيرا جدا وقطر الماسورة كذلك تكون كمية السائل المستعملة قليلة جدا
وعليه فقد ظهر التناقض

المضاغط الأيدروليكية

ش ٤ المضاعط الأيدروليكية أو الايدروستاتيكية مبنية على قاعدة انتقال ضغط السائل



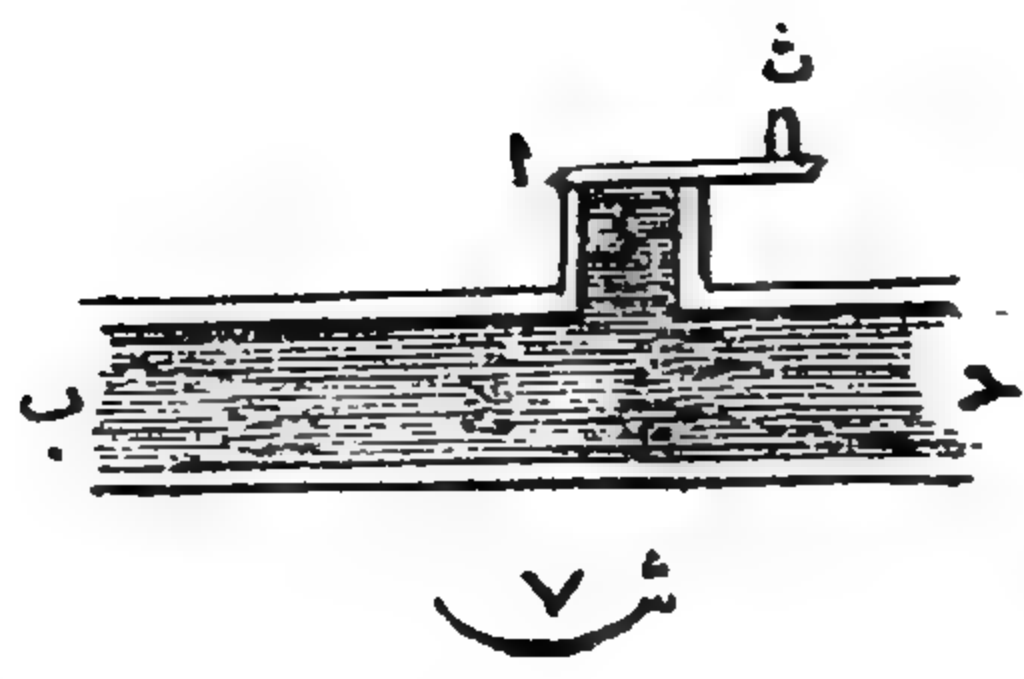
فناه إذا فرض أن أ ب شكل مكبران يتحركان في أسطوانتين
بحولتين مستطرفتين بماسورة ح وجميعها محتو على ماء فكل قوة
تقع على المكبس ب تنتقل الى المكبس أ وأن القوة الواقعة على أ
تكون أكبر من القوة الواقعة على ب بمقدار مساو للنسبة الكائنة
بين سطحي المكبين أ و ب

وهذا هو رابط المضاعط الأيدروليكية وأما في الأعمال فإنه يحتاج الى حوض مائي يمكن أن يحصل منه
على مقدار عظيم من الماء بواسطة لمبة وحينئذ فينبغي تأخير شرح المضغط الايدروليكي التام لحين
شرح الطلبات

صمام الأمن

ش ٥ يوجد أحيانا ضغط من السائل عظيم في أكثر الآلات وخصوصا في الآلات البخارية ومنه تتأثر
الآلة تأثرا شديدا فلا احتياط ومنع الخطر الناشئ من هذا الضغط الذي ربما يحدث فرقة الآلة
يستعمل صمام الأمن الذي بواسطة يستدل على وجود هذا الضغط العظيم
وصمامات الأمن المستعملة على أشكال مختلفة والقاعدة الأساسية لها هي الانتقال المنتظم لضغط السائل فقط

ش ٥



فتلا اذا كانت ب د شكل ٧ احدى المواسير التي يمر منها السائل ٤ و
ماسورة صغيرة طرفها مفتوح في ب د فالضغط الواقع على غطاء الطرف الآخر
للماسورة المذكورة ٤ يقدر به الضغط الداخلي للسائل وحينئذ اذا كان لهذا
الغطاء ثقل موافق فانه يرتفع حينئذ يتجاوز الضغط الداخلي المذكور الحد المعين
فاذا فرض أن اعظم مقدار مسموح به لضغط السائل هو ٥٠٠ رطل على كل بوصة مربعة وكانت مساحة
قطاع الماسورة ٤ هي $\frac{1}{4}$ من البوصة المربعة فالثقل المساوي الى $\frac{500}{16}$ أو $\frac{31}{4}$ رطل يرفع عنه
ما يزيد مقدار الضغط عن ٥٠٠ رطل
ويمكن تنقيص الثقل المستعمل اذا كان الغطاء يتحرك حول مفصل ٢ مع وضع الثقل ث على بعد قليل من المفصل
المذكور

المثال الاول — اذا فرض أن الماسورة ٤ مستديرة وقطرها يساوي $\frac{1}{4}$ بوصة ووضع ثقل قدره ٤ أرطال
على بعد ٢ بوصة من المفصل ٢ وكان المطلوب تعيين مقدار اعظم ضغط السائل الذي به لا يرتفع الغطاء يقال
حيث أن محصلة ضغط السائل تكون واقعة في مركز الدائرة فتكون على بعد $\frac{1}{8}$ بوصة من المفصل ٢ وعليه
اذا فرض أن ض هو الضغط المطلوب تعيينه فتكون القوتان ض $\times \frac{\pi}{4}$ والأربعة أرطال متزنات
حول المفصل ٢ وحينئذ يحدث

$$\text{ض} \times \frac{\pi}{4} \times \frac{1}{8} = 4 \times 4 \quad \text{ومنه يحدث}$$

$$\text{ض} = \frac{64 \times 64}{\pi}$$

وباعتبار أن ط = ٣ يتحصل تقريبا أن ض = ١٣٦٥ رطل
المثال الثاني — اذا كان قطر الماسورة ٤ = $\frac{1}{4}$ بوصة والبعد ا ث = $\frac{1}{4}$ بوصة والمطلوب تعيين مقدار
الثقل الذي يدل على ضغط قدره ١٠٠٠ رطل على كل بوصة مربعة يقال
(الجواب $\frac{1}{4}$ رطل تقريبا)

٦٦ الد في المضاعط الايدروستاتيكية كما في جميع الآلات تنطبق القاعدة الأساسية وهي ما يكتب من القوة يفقد من المسافة أو الزمن
فتلا اذا فرض فتحان في ا ثاء مغلق كما في شكل البند الخامس وانزل المكبس ب بمقدار مسافة معينة فالمكبس ٢ يرتفع
اذا كان السائل غير قابل للانضغاط مسافة تكون صغيرة كلما كان سطح المكبس ٢ كبيرا
وهذه حالة بسيطة من حالات السرعة التصورية التي سنشرحها مطبقة على السوائل غير القابلة للانضغاط
فاذا فرض أن ا ب ا د ا ه... الخ اسطح عدة مكابس تتحرك في مواسير اسطوانية مثبتة في جدران ا ثاء مغلق مملوء بالماء وفرض أن
المكبس المذكورة تتحرك بكيفية حينئذ اتفق بحيث ان السائل يبقى ملاسها وفرض أن ا ب ا د ا ه... الخ هي المسافات التي تقطعها
تلك المكابس مع ملاحظة أن تلك المسافات تكون موجبة أو سالبة على حسب ما اذا كانت المكابس المذكورة مدفوعة الى الداخل أو الى الخارج
وحيث أن حجم السائل ثابت تكون الاجزاء الموجبة أي الاجسام المدفوعة الى الداخل متزنة مع الاجزاء السالبة
أي مع الاجسام المدفوعة الى الخارج ويحدث

$$ا + ب + ج + د + ه + ... الخ = ٠$$

ولكن اذا كانت $هـ$ ، $ك$ ، $ز$... الخ هي القوى الواقعة على المكابس على التناظر يكون
 $هـ : ك : ز : ... = ا : ب : ج : ...$

وحينئذ يكون

$$هـ + ا + ك + ب + ز + ... = الخ \quad (*)$$

اعني ان مجموع حواصل ضرب كل قوة في المسافة التي تقطعها نقطة تأثيرها يساوى صفر
 وبملاحظة ان $ا$ ، $ب$ ، $ج$ ، ... تكون مناسبة للسرع التصورية للمكابس فتكون المعادلة الأخيرة هي
 معادلة السرع التصورية ومنها يتحقق ما نحن بصدد

سألد ولا ينبغي التصور ان أى مادة ما على حالتها الطبيعية تكون مطابقة بالتام للتعريف الذى أعطى
 للسائل وذلك لأن تصور سطح أملس بالكلية وجسم صلب بالكلية انما هو بالنسبة لمقارنة الأجسام
 المختلفة الصلابة بعضها لبعض والاسطح المختلفة الملاسة كذلك وبهذه الصفة يكون تصور تمام السيولة
 التي أشرنا اليها ومع ذلك فانه في حالة سكون السوائل تكون الخواص النظرية المشتقة من هذا التعريف مطابقة
 للحقائق وأما في حالة تحركها توجد مغايرات غير محسوسة

فمثلا اذا صار تحريك فجائى مملوء بمائع كالشاي مثلاً حركة دورانية ثم ترك ونفسه فيرى أن الشاي يسكن
 بالتدريج بعد زمن قليل وهذا يثبت وجود احتكاك بين المائع المذكور والفجائى وكذلك بين اجزاء المائع
 نفسه

كذا تحرك الماء داخل المواسير المائلة يستدل منه على وجود احتكاك بين اجزاء الماء
 سألد وينبغي أن يلاحظ أن البراهين التي أجريت على تساوى الضغوط الواقعة في نقطة ما في جميع الجهات
 وانتقالها كذلك تطبق على الغازات كالسوائل الغير قابلة للانضغاط وانما عند ما يقع ضغط اضافى على
 غاز ما فتكون نتيجة التأثير في الحال انضغاط السائل الغازى المذكور وبعد حصول التوازن يكون قد وصل
 الضغط الاضافى المذكور لجميع اجزاء السائل الغازى السالف الذكر

اختبار في الباب الأول

(١) ميز بين السوائل المرنة وغير المرنة - هل يوجد مائع غير مرئ بالكلية

(٢) اذكر الخاصية التي تؤخذ كقاعدة في جميع البراهين المختصة بتأثير السوائل

$$(*) \quad \frac{هـ}{ا} = \frac{ك}{ب} = \frac{ز}{ج} = \dots$$

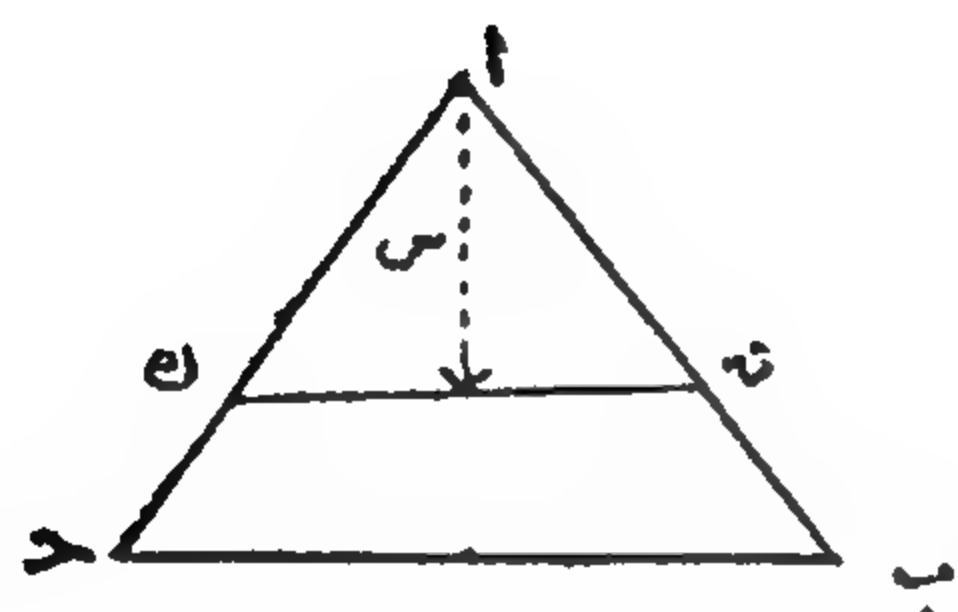
$$ب = \frac{هـ}{ا}$$

$$ج = \frac{هـ}{ا} \quad \text{واذا وضع مقدار } ب \text{ ، } ج \text{ في معادلة}$$

$$هـ + ا + ك + ب + ز + ... = \dots \quad \text{بحرث}$$

$$هـ + ا + \frac{هـ}{ب} + \frac{هـ}{ج} + ... = \dots \quad \text{أو } هـ + ا + ب + ج + ... = \dots$$

- (٣) عرّف تقدير ضغط السوائل
- (٤) من بعد معلومية ان الضغط الواقع من سائل على المساحة المستوية لياردة (الياردة = ٣ قدم = ٣٦ بوصة) متظم وقدرة ١٣٦٠٨ أرطال فامقدار الضغط الواقع على أى نقطة باعتبار الوحدة الطولية بوصة واحدة ثم باعتبار الوحدة المذكورة بوصتين
- (٥) اذا فرض ان مستويا مستطيلا موضوع رأسيا وملا من الماء فيكون له جانبان افقيان وكان الضغط واحدا على جميع نقط الخط الافقى فالضغط الواقع على المستطيل باجمعه بالنسبة للمقادير المختلفة للارتفاع h يكون $h \times (1 + \frac{1}{2}h)$ بفرض ان h هي ارتفاع المستطيل h ب هي عرضه والمطلوب إيجاد الضغط الواقع على أى نقطة من القاعدة العليا (انظر بكند)
- (٦) اذا كان المعلوم ماسورة اسطوانية مملوءة بالماء ومفتوحة في ماسورة أخرى قطرها ثلاثة أمثال قطر الماسورة الأولى وأوقع ضغط على المائع الموجود في الماسورة الصغيرة قدره c رطلا فامقدار القوة اللازم توقيعها على نهاية فتحة الماسورة الكبيرة حتى تحفظ الماء في حالة السكون
- (٧) وضح حقيقة تأثير انتقال الضغط في الموائع وشرح قاعدة عملية مضبوطة من هذا القليل
- (٨) في المناخ الايدروستاتيكية (مكند) قطاع الماسورة ٢ يساوى $\frac{1}{8}$ بوصة مربعه والمساحة ب هي سعة دائرة قطرها يارده والمطلوب تعيين الثقل الذي يحمل بضغط قدره رطل واحد يقع على الماء في ٢
- (٩) اذا كان صمام أمن مشتل على غطاء مستطيل ثقيل يكون افقيا حينما يسد الفتحة التي تحته ويترك حول أحد جوانبه والفتحة مربعة ولها جانب منطبق على الجانب الثابت للغطاء فامقدار النهاية العظمى للضغط الذي يبينه الصمام المذكور
- (١٠) طبق قاعدة السمع التصورية على السؤال السادس
- (١١) اذا عرضت مساحة مثلثية abc لضغط سائل وأنه اذا رسم مستقيم كالحظ de مواز bc وعلى بعد من a قدره s يكون الضغط الواقع على المساحة ade مساويا الى abc والمطلوب تعيين الضغط الواقع على a وكذا الضغط الواقع على أى نقطة من الخط bc
- (١٢) اذا كانت ماسورة اسطوانية متينة قطرها الداخل يساوى قدما وطولها عشرة اقدام وملئت بالماء المقطروسدت بمكبس وقع عليه قوة قدرها ١٠٠٠٠ رطل فبرهن على أن نتيجة ضغط الماء هي $\frac{1}{8}$ من البوصة تقريبا



الباب الثاني

الكثافة والثقل النوعي

مكند أهم تقسيم للسوائل هو بين الغازات والموائع أى بين السوائل المرنة وغير المرنة كما تسمى

بذلك أحيانا وحينئذ فتختصر جميع السوائل في هذين القسمين
وقد ذكرنا فيما سبق ان تسمية (غير مرنة) ليست صحيحة لكن لا يحدث باستعمالها أدنى التباس لأن قابلية الموائع
للانضغاط غير محسوسة عمليا وأنها ليست مهمة في الأحوال المعتادة ومع ذلك حيث يظهر أن نظرية الصوت
متعلقة نوعا بقابلية الانضغاط هذه فيكون من المهم الاعتراف بوجودها

وتمتاز السوائل بعضها عن بعض بأشياء كثيرة كاللون ودرجة الشفافية والوصف الكيماوى والزوجة وغير
ذلك ولكن التمييز الوحيد في النظرية الاستاتيكية والديناميكية الذى يلزم اعتباره هو الكثافة أو الثقل النوعى
للسائل

وينبغى أن لا يظن أن الكثافة والثقل النوعى مترادفان بل إنها متعلقان بمادة السائل
مثلا إذا فرض بوصة مكعبة من الزيت وأخرى من الماء فإنه يكون لهما ثقلان مختلفان فثقل الأول يكون
أكبر من ثقل الثانية بمقدار ١٣ مرة وكسور وينتج من ذلك أن كمية المادة في الزيت تكون أكبر من كمية المادة
في الماء وإن كثافة الزيت تكون أكبر من كثافة الماء

وهذه الملاحظات تنطبق على كل من الأجسام الصلبة والسوائل وتقدر الكثافة والثقل النوعى لسائل أو لجسم
صلب بمقارنتها بالكثافة والثقل النوعى لمادة أخرى معتبرة وحدة

سند ويمكن أن نلاحظ هنا أن جميع السوائل سواء كانت مرنة أو غير مرنة تتخذ في شئ واحد وهو أن
جميعها ذات اثقال محسوسة بمعنى أن جميعها متأثرة بقوة الثقائل ولها أثقال مختلفة ثم أن الكثافة تتعلق
بالمادة التى تتركب منها الأجسام وتصور اختلاف الكثافة في جسمين مختلفين خلاف تصور الثقل
أما الثقل النوعى فإنه يتعلق باختلاف تأثير الثقائل على الأجسام المختلفة

سند تعريف (*) - تقدر كثافة أى جسم بمقدار النسبة الكائنة بين حجم جسم ما من الجسم المذكور وبين
حجم مساو له من المادة المعتبرة وحدة

مثلا إذا فرض أن ك رمز للنسبة المذكورة وأن المادة المعتبرة وحدة بنامها مساوية للواحد فتكون ك
هي كثافة السائل المفروض مقدرة بكثافة المادة المعتبرة وحدة

ومن الواضح أنه إذا ضغط جسم إلى أن صار حجمه نصف حجمه الأصلي فإن كثافته تتضاعف مع أن مجسمه أو
أن كمية المادة المتكون منها باقية على حالتها وكذا إذا ضغط الجسم المذكور لأى نسبة كانت فإن كثافته
تزداد بمقدار هذه النسبة ويمكن أيضا ذلك بأن نقول أن

(*) كثافة أى جسم هو مجموع مادة الوحدة الحجمية من هذا الجسم وبعبارة أخرى هي النسبة الكائنة بين مجسمه وحجمه
اعنى أنه إذا رمز بالرموز ك م ح لكثافة والجسم والحجم على التناظر يكون

$$ك = \frac{م}{ح} \text{ ومنها } م = ك ح$$

وكذا حيث أن $م = \frac{ك}{ح}$ فيكون $ك = ح م$

م تتغير بالنسبة الى ك ح

مع الرمز بحرف م للجسم وبحرف ح للحجم
ومن المعلوم ان ثقل أى جسم يتعلق بموضعه على سطح الأرض ولكن على أى حال من الأحوال اذا كانت ح هي العجلة
المحلية الناتجة من التناقل فنقل جسم معلوم أعني ثقل جسم ذى حجم معلوم يتغير بالنسبة الى ح أو
ث يتغير بالنسبة الى ح وكان ث يتغير بالنسبة الى م فيكون على العموم
ث يتغير بالنسبة الى م ح وعلى ذلك يكون

ث يتغير بالنسبة الى ح ك ح

ويمكن ان نفرض أن الوحدات الداخلة في هذه الرموز منتجة بكيفية بحيث ينتج الارتباطان الآتيان
م = ك ح ، ث = م ح وعليه يكون ث = ح ك ح

نجد ويرى من هذا القانون أنه يمكن استنتاج احدى الكميات الاربع من بعد معلومية الكميات الأخرى
فاذا كانت وحدتا المسافة والزمن هما القدر والثانية فيكون مقدار ح = ٣٢٠٠٠ ويجعل ك = ١ ح = ١
أعني قدر مكعب يكون ثقل وحدة الحجم من المادة المعتبرة وحدة مساويا الى ٣٢٠٠٠ وحدات ثقل
وعلى ذلك يكون مقدار وحدة الثقل = $\frac{1}{32000}$ (من ثقل قدر مكعب من المادة المعتبرة وحدة)
فاذا فرض حينئذ أن الماء المقطر الذى حرارته ٦٠° (فراهنيت) هو المادة المعتبرة وحدة ثقل القدر المكعب
يكون مساويا الى ١٠٠٠ أقيه وعلى ذلك يكون في معادلة ث = ح ك ح وحدة الثقل مساوية الى $\frac{1}{32000}$ أقيه
وحينئذ يحدث

ث = ١٠٠٠ ك ح أقيه

مثال - اذا كان المطلوب إيجاد ثقل اثني عشر قدما مكعبا من مادة كثافتها ٥ ر ٣ باتخاذ الماء المقطر وحدة
يوضع الثقل = ح × ٣٢٠٠٠ × ١٢ × $\frac{1}{32000}$ أقيه = ١٢٠٠٠ أقيه

ويحل هذا المثال مباشرة بملاحظة أن الثقل المطلوب قدر ثقل اثني عشر قدما مكعبا من الماء ٥ ر ٣ مرات
نجد في البنود المتقدمة قد اعتبرنا الأجسام المتجانسة فقط فاذا كانت الكثافة متغيرة أو أن الأجسام
غير متجانسة فتكون الكثافة في أى نقطة من الجسم المفروض عبارة عن كثافة أى نقطة من جسم متجانس
كثافته مساوية لكثافة الجسم المفروض في النقطة المفروضة

واذا كانت الكثافة متغيرة من نقطة الى أخرى بالتدرج فيمكن تعيينها في أى نقطة بأن نأخذ جسما صغيرا من
المائل محتو على هذه النقطة ونقارن ثقله بثقل حجم مساو له من المادة المعتبرة وحدة مع ملاحظة
أن الكثافة في أى جسم صغير لا تتغير تغيرا محسوسا في جميع أجزائه

نجد ولايضاح التصور الرياضى لمادة متغيرة تغيرا تدريجيا نتصور عدة طبقات متجانسة ذات
سكن واحد س موضوع بعضها فوق بعض ونفرض ان كثافة الطبقة السفلى هي ك وكثافة الطبقة
التي هي أعلى ما يكون هي ك' وان كثافات الطبقات المتوسطة تتزايد تدريجيا من ك الى ك' وحينئذ

إذا فرض أن السمك s لكل طبقة يصغر بقدر ما يزداد وأن عدد الطبقات الوسطى يصير كبيراً بقدر ما يزداد مع بقاء كثافة الطبقتين النهائيتين K ، K' على حالتهما فكثافات الطبقات المتوسطة التي تتزايد من K إلى K' تختلف بعضها عن بعض كميات صغيرة جداً ويمكن حينئذ تصور حالة الاستمرار المختلفة

وطريقة تصور الاستمرار بعدم الاستمرار ضرورة في الأعمال الرياضية

فالجوز حينما يكون ساكناً يكون مثلاً من هذا القبيل لأن كثافته تتناقص تدريجاً بحسب الارتفاع

سند كثافة المزوج يمكن تعيينها بالقانون المتقدم وهو

$$m = K \cdot h$$

مثلاً إذا كانت h ، h' ، h'' ... هي أحجام سوائيل كثافتها K ، K' ، K'' ... وخرجت تلك السوائيل معاً وفرض أن مجسم المزوج الناتج متجانس ولم يحصل تغير في الحجم بأسباب كياوية

فالمجسم الكلي يكون مساوياً إلى $K \cdot h + K' \cdot h' + K'' \cdot h'' + \dots = M \cdot K$

والمجسم الكلي يكون مساوياً إلى $h + h' + h'' + \dots = M$

وحينئذ فكثافة المزوج الكلي تكون مساوية إلى $\frac{M \cdot K}{M} = K$

سند تعريف - يقدر الثقل النوعي لجسم بالنسبة الكائنة بين ثقل أي حجم من الجسم المذكور وبين ثقل حجم مساوٍ له من المادة المعتبرة وحدة

ويرى من هذا التعريف أن تقدير الثقل النوعي لجسم يكون كتقدير كثافته بشرط أن المادة المعتبرة وحدة تكون واحدة في كليهما ومع ذلك فلا ضرورة لأن تكون المادة المعتبرة وحدة دائماً واحدة

فإذا كان θ رمز الثقل النوعي لجسم صلب أو لسائل θ رمز الثقل حجم h من الجسم الصلب أو السائل المفروض فيحصل على

$$\theta = \theta \cdot h \quad (*)$$

الذي يفهم منه أنه إذا كانت وحدة الثقل مساوية لثقل وحدة حجم المادة المعتبرة وحدة يكون الثقل المفروض مساوياً إلى $\theta \cdot h$ مرات وحدة الثقل

مثلاً إذا كان الماء المقطر هو الوحدة وأن القدم هو وحدة الطول فثقل حجم h لسائل ثقله النوعي θ يكون قدر ثقل قدم مكعب من الماء $\theta \cdot h$ مرات

أي أن الثقل المفروض يساوي ١٠٠٠ $\theta \cdot h$ أقيه أو يساوي $\frac{\theta \cdot h}{1000}$ $\theta \cdot h$ رطل

$$(*) \quad \frac{\theta}{\theta} = \frac{\theta}{\theta} = \text{الثقل النوعي ولكن } \theta = h \cdot \theta \text{ فيكون } \frac{\theta}{h} = \theta$$

وحينما تكون وحدة الثقل تساوي ثقل الوحدة الحجمية للمادة المعتبرة وحدة يكون $\theta = h$ وعليه يكون

$$\frac{\theta}{h} = \theta \quad \text{ومنها يحدث}$$

$$\theta = \theta \cdot h$$

٥٧٤ لايجاد الثقل النوعي للمزوج مكوّن من عدة أحجام معلومة من سوائيل مختلفة اثقالها النوعية معلومة
نفرض أن ح ، ح ، ح ، ح هي ارجام سوائيل مختلفة اثقالها النوعية هي ث ، ث ، ث ، ث فينجد
يكون ثقل المزوج هو

$\dot{P}_H + \dot{P}_{\dot{H}} + \dot{P}_{\ddot{H}} + \dots$ اور مجھ پٹح

والجواب الكلي له هو $ح + ح + ح + \dots + ح$ أو مجموع

وعليه فاذا كان بـ هو الثقل النوعي للمزوج المفروض فيكون

پُججح = جُجشح اُو

$$\frac{2 \cancel{5} 3}{2 \cancel{5}} = \frac{3}{1}$$

فإذا كان بالتأثير الكيماوى بين السوائل بصير الحجم مساويا الى $\frac{1}{2}$ بدلا من $\frac{1}{3}$ فالثقل النوعى يكون مساويا الى

$$\frac{200}{2}$$

٤٨٨ لإيجاد الثقل النوعي لمزيج حينما يكون الاتقال والاتقال النوعية للسوائل الممزوجة معلومة
نفرض أن ث ، ث' ، ث'' ... هي الأثقال وأن ث ، ث' ، ث'' ... هي الأثقال النوعية للسوائل
المختلفة المذكورة

وحينئذ فالاحجام تكون مساوية على التناظر الى

.....

والجيم الكلي يكون مساويا الى $\frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^3} + \dots = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{1} \right)$

وكذا الثقل الكلي يكون مساويا الى $\theta + \theta + \theta + \dots = \text{مجموع } \theta$

وحینئذ اذ اکان پت هو الثقل النوعی للمزوج یکون

$$\dot{\gamma} = \left(\frac{\dot{\gamma}}{\dot{\gamma}_c} \right) \dot{\gamma}_c$$

سواء لايجاد وحدة الثقل النوعي أو لتعيين الثقل النوعي لمادة معينة وحدة حينئذ يكون وحدتنا الطول والثقل معلومتين

نقول أنه من معادلة $\theta = \theta_c$ التي فيها $\theta = \theta_c$ حيناً يكون $\theta = \theta_c$ يظهر أن المادة المختبرة وحدة هي إحدى المواد التي فيها ثقل وحدة الحجم هي وحدة الثقل

فتشوا اذا كان الرطل والقدم هما الوجدتان فالوحدة تكون هي المادة التي فيها القدم المكعب ينز رطلا واحدا

ومن المعلوم أن القدم المكعب من الماء يزن ١٠٠٠ أقيه فينشد يكون $\frac{17}{11}$ من القدم المكعب من الماء يزن رطلا

وحينئذ فال مادة المعتبرة وحدة تكون هي المادة التي يزن القدم المكعب منها قدوة $\frac{17}{11}$ من القدم المكعب من الماء

وعليه فتكون نسبة كثافة الوحدة الى كثافة الماء كنسبة ١٦ الى ١٠٠٠

منشأ مقارنة المعادلتين $\theta = \theta_1$ ، $\theta = \theta_2$ مع

يظهر من التعريف أنه حينما تكون المادة المعتبرة وحدة واحدة (في تقدير الكثافة وتقدير الثقل النوعي) بمقدار الكثافة والثقل النوعي لسائل معلوم يكونان واحداً أي أن العددين θ ، θ يكونان متحدى المقدار وحيث أنه ليس من الضروري أن تكون المادة المعتبرة وحدة واحدة فيكونان θ ، θ مختلفي المقدار ومن المعادلتين $\theta = \theta$ ، $\theta = \theta$ المذكورتين إذا كانت المواد المعتبرة وحدة واحدة ووحدات الطول كذلك فوحدات الثقل تكون مختلفة وفي الواقع فإن وحدة الثقل في المعادلة الأولى تكون قدر وحدة الثقل في الثانية θ مرات

ويستنتج أيضاً أنه إذا كانت وحدات الثقل والطول واحدة فإن المواد المعتبرة وحدة تكون مختلفة فمثلاً إذا كانت θ ، θ مستويين إلى مادة حجم θ فيها ثقله θ فيكون $\theta = \theta$ (*) وعليه فكثافة المادة المعتبرة وحدة المنسوبة إليها θ تكون أصغر من كثافة المادة المعتبرة وحدة المنسوبة إليها θ بقدر نسبة θ إلى θ وحيث أنه يدخل في المعادلة $\theta = \theta$ وحدة الزمن لأن مقدار θ متعلق بالزمن فتغير وحدة الزمن فإن واحدة أو أكثر من الوحدات الأخرى أعني وحدات الطول والثقل والكثافة يلزم أن تتغير كذلك ٣٤ والطريقة العملية لتعيين الثقل النوعي للأجسام الصلبة والموائع والغازات سنكلم عليها في الباب الآتي فيما بعد

وعادة تنسب جداول الأثقال النوعية للأجسام الصلبة والموائع للماء المقطر الذي درجة حرارته ٦٠° فانهيت

وأما الغازات والابخرة فتنسب أثقالها النوعية للهواء الجوى مأخوذة في درجة حرارة وضغط مساويان لدرجة حرارة وضغط نفس الغازات

اختيار في كتاب الثاني

(١) كيف تقدر الكثافة

ما هو الاتفاق الذي حصل بالنسبة للوحدات الداخلة في معادلة $\theta = \theta$ ح

(٢) المطلوب تعيين ثقل قدم مكعب من الزئبق الذي ثقله النوعي هو ١٣٥٦٨

(٣) إذا كانت بوصة مكعبة من المادة المعتبرة وحدة وزن θ من الرطل فما يكون ثقل يارده مكعبة من مادة كثافتها θ

(٤) إذا كان ممزوج مكون من سائلين ثقله النوعي معلوم وكانت النسبة م : ١ من حجمي السائلين معلومة وكذا النسبة ١ : ٥ من الثقلين الزئبيين معلومة أيضاً فما مقدار الثقل النوعي لكل من السائلين المذكورين

(*) من معادلة $\theta = \theta$ يرى أن $\theta < \theta$

وحيث أن كلا من θ ، θ يدل على مجرد عدد فحينئذ كل ما كانت المادة المعتبرة وحدة كثيفة كل ما كان هذا العدد صغيراً وبالعكس

- (٥) اذا مزج ثقلان متساويان من سائلين كثافتهما ρ_1 و ρ_2 وفقد ثلث الحجم الكلي فها هي كثافة السائل الباقي
- (٦) المطلوب تعيين ثقل يارده مكعبة من مادة ثقلها النوعي ρ باعتبار الماء وحدة
- (٧) اذا كانت بوصة مكعبة من مادة تزن $\frac{1700}{1000}$ من الرطل فها هو ثقلها النوعي بالنسبة للماء
- (٨) اذا كان مزيج مكون من اجزاء متساوية من ثلاث سوائل كثافة اثنين منها معلومتان وكثافة المزيج معلومة ايضا فها هي كثافة السائل الثالث
- (٩) اذا مزج حجمان V_1 و V_2 لسائلين ثقلها النوعي ρ_1 و ρ_2 وكان الثقل النوعي للمزيج هو ρ فها هو الثقل النوعي للمزيج
- (١٠) اذا مزج سائلان متساويي الحجم ثقلها النوعي ρ_1 و ρ_2 وفقد ربع الحجم الكلي بتأثير المزج فها هو الثقل النوعي للمزيج

الباب الثالث

الضغط على النقط المختلفة لمائع ساكن سطح المائع الموائع الحافظة لسطحها الافقي الموائع في الموائع المخنية الضغوط على الأسطح المستوية الضغط الكلي مركز الضغط

٣٤ ص ضغط المائع الساكن يكون واحدا في جميع نقط كل طبقة افقية فاذا فرض أن جزءا اسطوانيا رفيعا مثل AB شكله من مائع محوره افقي ونهايتاه A و B رأسيان ونصورنا تجرد هذا الجزء فيحدث حينئذ جسم AB موجود في حالة السكون بتأثير ضغوط السائل التي جميعها عمودية على محور الاسطوانة وبتأثير الضغوط الافقية الواقعة على النهايتين وبتأثير ثقل الجسم المتجمد فاذا كان ρ مقدار الضغطين الواقعين على A و B وكانت A هي مساحة كل من الطرفين وكانت تلك المساحة معتبرة صغيرة جدا حتى وأن الضغوط الواقعة على كل من الطرفين المذكورين يمكن اعتبارها منتظمة فنكون الضغوط الواقعة على النهايتين المذكورتين هي ρ_1 و ρ_2 وحيث ان هذين الضغطين متزانان فيكون

$\rho_1 = \rho_2$



شكل

وهذا البرهان ينطبق ايضا على السوائل المرنة او السوائل التي ليست متجانسة وغير قابلة للانضغاط



شكل

٣٣ ص ايجاد الضغط الواقع في أي عمق معلوم من سائل ثقيل متجانس في حالة السكون فاذا اخذت أي نقطة مثل B شكله ورسم منها AB رأسي ورسم أيضا اسطوانة رفيعة حول B قاعدتها افقية ونصورنا تجرد هذه الاسطوانة فلجسم المتجمد حينئذ B يكون في سكون بتأثير ضغط السائل على الطرفين وبتأثير ثقل الجسم المفروض تجرد وبتأثير ضغط السائل على السطح المخني للاسطوانة المذكورة التي تكون جميعها افقية

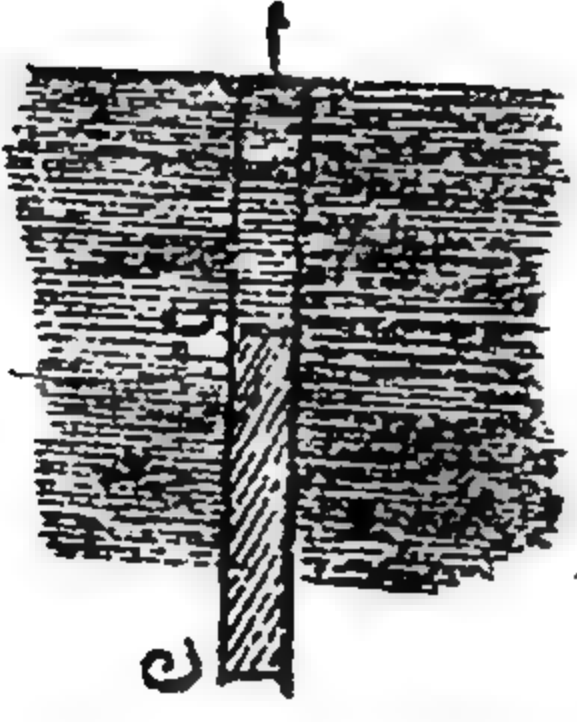
وعليه فضغط السائل على B يلزم أن يكون مساويا للثقل وحينئذ اذا كانت A سطح القاعدة ρ ث

م ٣ ٠ ايدروستاتيك

ثقل وحدة الحجم ، ه مقدار الضغط على ب يكون

$$ه = أ = ث \times أ \times ب \quad \text{أو}$$

$$ه = ث \times ب$$



ثم

اعني أن الضغط الواقع في أى عمق من سائل يتغير بالنسبة لبعدها عن سطح السائل وإذا كان ب ، ك شكل ه نقطتان حيثما اتفق من سائل على خط رأسى فإنه بطريقة مشابهة لما تقدم مع فرض تجدد الأسطوانة ب ك يكون الفرق بين الضغطين الواقعين على النهايتين ه و ك المذكورتين مساويا لثقل الأسطوانة ب ك المذكورة

لأنه إذا كان ه ، ك هما مقدارا الضغطين الواقعين على ب ، ك يكون

$$ه - ك = أ = ث \times أ \times ب \quad \text{أو}$$

$$ه - ك = ث \times ب \quad \text{ك}$$

اعني أن الفرق بين الضغطين الواقعين في نقطتين حيثما اتفق يتغير تبعاً للبعد الرأسى الكائن بين هاتين النقطتين

وإذا فرض جرف ك كثافة المائع فتقل ا ب يكون مساويا الى ك $ه \times ا ب$

وعليه فإذا فرض أن ا ب = ر يكون

$$ه = ك = ر$$

٣٤ والمقدار ك ر الدال على ه فهو أحد المقادير الذى سنستعمل كثيرا وحينئذ فلا بأس من

اعطاء بعض ملاحظات عليه وهى

أن ه تدل على الضغط الواقع على وحدة السطح ومقدارها الحقيقى يتعلق بوحدة الطول المعتبرة وكذا المقدار

الحقيقى للكمية ه يتعلق بوحدة الزمن والطول وأيضا مقدار ك يتعلق بالوحدة المنسوب اليها المائع وعليه

فالمقدار الحقيقى للكمية ه يتعلق بجميع الوحدات المذكورة

فتلوا إذا كان الماء هو الوحدة والقدر والثانية هما وحدتا الطول والزمن فينتج حينئذ أن الضغط ه على

عمق قدر واحد فى المائع مع فرض أن ك = ١ ، ر = ١ يكون مساويا الى ٣٤

وحيث أنه من المعلوم أن الضغط الواقع على هذا العمق يكون حقيقة مساويا الى ١٠٠٠ أقية لكل قدم مربع

حينئذ من بعد معلومية أن ه = ٣٤ يلزم أن تكون وحدة الثقل مساوية الى $\frac{١٠٠٠}{٣٤}$ أقية

وعلى ذلك باعتبار تلك الوحدات يكون الضغط المعروض على عمق ر مساويا الى ١٠٠٠ ك ر أقية

وأبضا إذا كان الرطل هو وحدة الثقل والثانية هى وحدة الزمن والماء هو الوحدة فينتج أن

$$ش \times \frac{١٠٠٠}{٣٤} = ك = ر = \frac{٣٤}{١٠٠٠}$$

نقبض أن ر بالقدم هى وحدة الطول المفروضة وحينئذ يكون

$$ش = \frac{٣٤ \times ١٦}{١٠٠٠} \text{ من القدم}$$

ويرى أنه يلزم فى جميع هذه الأحوال أن يعطى بعض ارتباطات متعلقة بثقل أو كثافة المادة المعتبرة وحدة



٣٥٥ شاذ فاذافرض أن الاسطوانة التي يحورها اب شكل ١١ محدودة من جهة ب بمستوائين على الافق مساحتها ١ وزاوية ميله على الافق ب

فحينئذ لأجل توازن الاسطوانة المذكورة يفرض ان ϕ رمز الضغط في ب من المساحة ١ فالركبة الرأسية تكون متزنة مع ثقل الاسطوانة وحينئذ يحدث

ϕ أجتات = $\phi \times ١$ ب ولكن حيث أن

$١ =$ أجتاب يكون

$\phi = \phi \times ١$

وهي معادلة غير متعلقة بالكمية ϕ

وحينئذ فيكون هذا برهان آخر للقضية التي منطوقها أن الضغط الواقع على أى نقطة يكون واحدا في جميع الاتجاهات

وربما يعترض على البرهان المقرر في ٣٣٣ بأن السطح في ٢ كان مفروضا افقيا فلذا يقال أنه يجب للاسطوانة ٢ رفعة جدا بمعنى ان نصف قطرها يكون صغيرا جدا يري أن ثقلها يكون بتقريب كافي مساويا الى حركه $\phi \times ١$ ب وحينئذ يكون البرهان غير متعلق بأى فرض يختص بوضع السطح العلوي للاسطوانة

ومع ذلك فلاشك ما ذكر بوجه الدقة نمر مستويين افقيين بأعلى نقطة ب وبأسفل نقطة ١ من الجزء الصغير اب شكل ١٢ للسطح العلوي للاسطوانة ونلاحظ أنه اذا صغر نصف قطر الاسطوانة

صغرا لانهاية له فالمستويان المذكوران يتحدان معا

وحينئذ اذا رجع بالرمز ϕ لارتفاع المستويين عن نقطة ϕ ثقل الاسطوانة المذكورة يكون محصورا بين

ح ك أ ϕ ح ك أ ϕ

وعليه يكون مقدار ϕ محصورا بين

ح ك ϕ ح ك ϕ

وفي النهاية عند اتحاد المستويين يكون

$\phi = \phi$

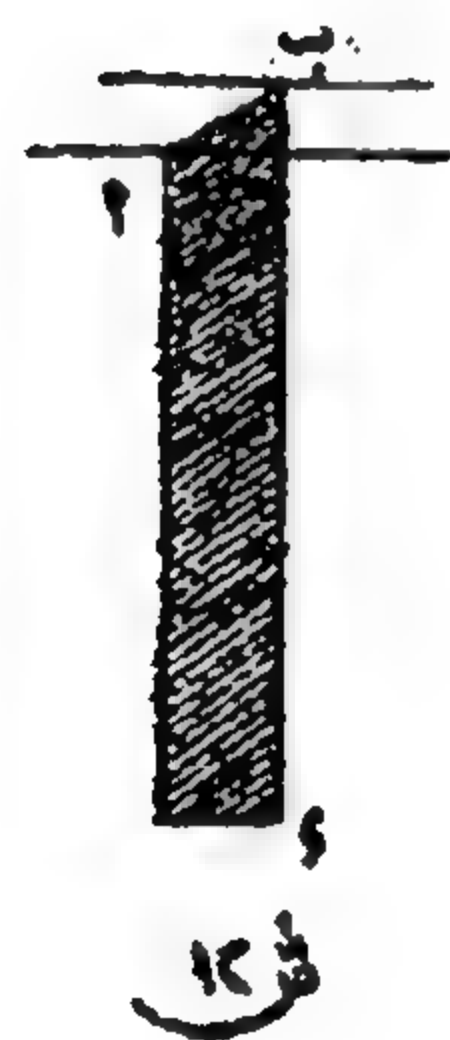
٣٦٦ اختلاف الضغوط الواقعة على سطحين من سائل مرئ - قد ذكرنا فيما تقدم في ٣٥٤

أن الغازات أجسام ثقيلة وحينئذ اذا أتبعنا السير كما في (٣٥٤) وفرضنا ان ϕ ϕ ϕ هما وحدتا مساحة في سائل مرئ وكانت ϕ فرق ϕ على الخط الرأسى المار بها فيكون فرق الضغطين الواقعين على ϕ ϕ

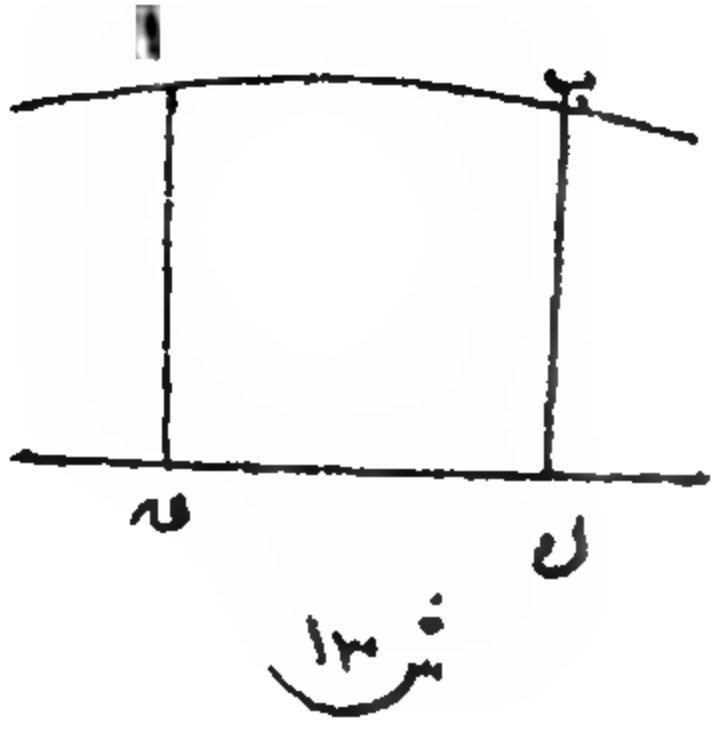
مساويا لثقل عمود من الهواء ϕ ϕ مختلف الكثافة لكن قانون تغير الضغط بالنسبة للارتفاعات

المختلفة في سائل مرئ ليس مبسطا وسنشرح ذلك بالتفصيل في الباب الخامس

والذى يلزمنا فقط هنا هو أن نشير الى أن الضغوط تتناقص كلما ارتفع في السائل



(٢٠)



٣٧ شد سطح المائع الساكن يكون أفقيا
لأنه اذا فرضت نقطتان هـ ا ب شكل ١٣ فيستوافق داخل المائع ورسم منها
رأسيان هـ ا ب

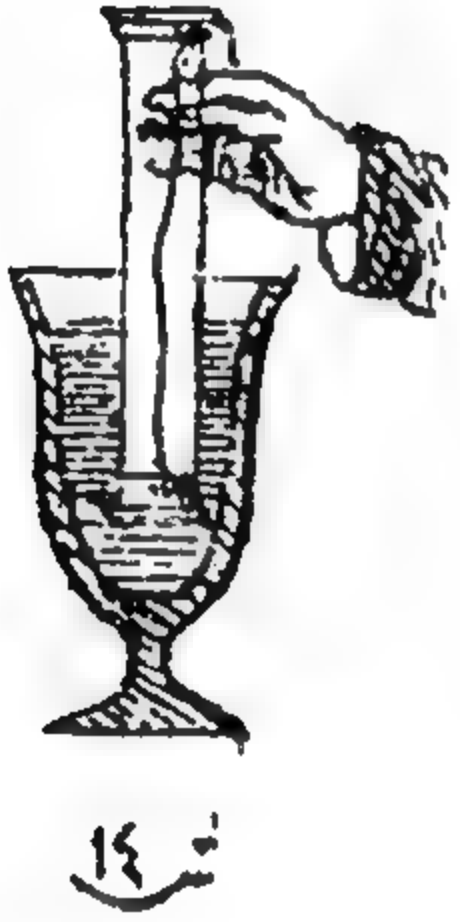
فيكون الضغط على هـ = ث × هـ ا

والضغط على ب = ث × ب ا

وحيث ان هذين الضغطين متساويان يكون هـ ا = ب ا ويكون حينئذ نقطتا ا ب في مستوى واحد
افقي

وبمثل ذلك يبرهن على أن أي نقطة من سطح السائل تكون موجودة في المستوى الأفقي المذكور
وكان يمكن أن نقول أنه حيث أن الضغوط الواقعة على جميع النقط الموجودة في مستوى واحد أفقي متساوية
فبالعكس تكون النقط الواقعة عليها الضغوط المتساوية موجودة في مستوى واحد أفقي وعليه جميع نقط
السطح التي يكون فيها الضغط مساويا للضغط الجوئي يلزم أن تكون في مستوى واحد أفقي
٣٨ قد علم أن ضغط الجوئ يساوي ١٤٠٧٣ رطل على كل بوصة مربعة أو يساوي ١٥ رطل تقريبا
وعلى ذلك فيمكن حساب الضغط الواقع على أي سطح وحينئذ اذا فرض أن ض رمز لضغط الجوئ الواقع على
وحدة السطح فالضغط الواقع في عمق ر من سائل معرض لضغط الجوئ يكون مساويا إلى

$$ح ر + ض$$

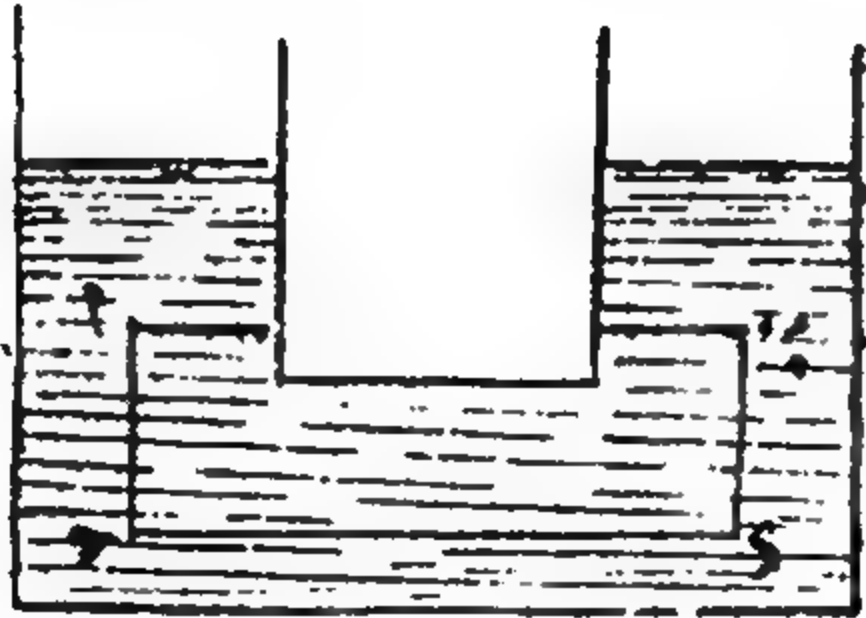


٣٩ لايضاح ما تقدم نأخذ اسطوانة بحجوة من زجاج مفتوحة الطرفين شكل ١٤
ونقلها من أسفل بقرص ثقيل محمول بخيط مار من وسط الاسطوانة المذكورة
وحينئذ اذا مسك الخيط وعمرت الاسطوانة في اناء مملوء بالماء فيرى أنه في عمق معلوم
يمكن ترك الخيط ونفسه ويبقى القرص ملامسا للاسطوانة المذكورة ومحولا بضغط الماء الذي
تحت

فاذا رمي لثقل القرص بحرف ث ولنصف قطر الاسطوانة بالرمز هـ فإن العمق س الذي يكون فيه القرص
محولا بتأثير الضغط يعلم من المعادلة الآتية وهي

$$ث = ح ك ط هـ س$$

ولا يكون لضغط الجوئ تأثير في هذه الحالة حيث أن ضغط الجوئ الواقع على القرص من أعلى إلى أسفل متزن مع
ضغط الجوئ الواقع من أسفل إلى أعلى المنتقل إليه من سطح الماء



٣٤ اذا كان في (٣٤) الخط ا ب شكل ١٥ لم يكن موجودا بتمامه داخل
السائل فيمكن اثبات صحة القضية بمساعدة (٣٣)

لأنه يمكن توصيل نقطتي ا ب بخطوط أفقية ورأسية كالخطوط ا ب
د ا ب و حينئذ يكون

الضغط

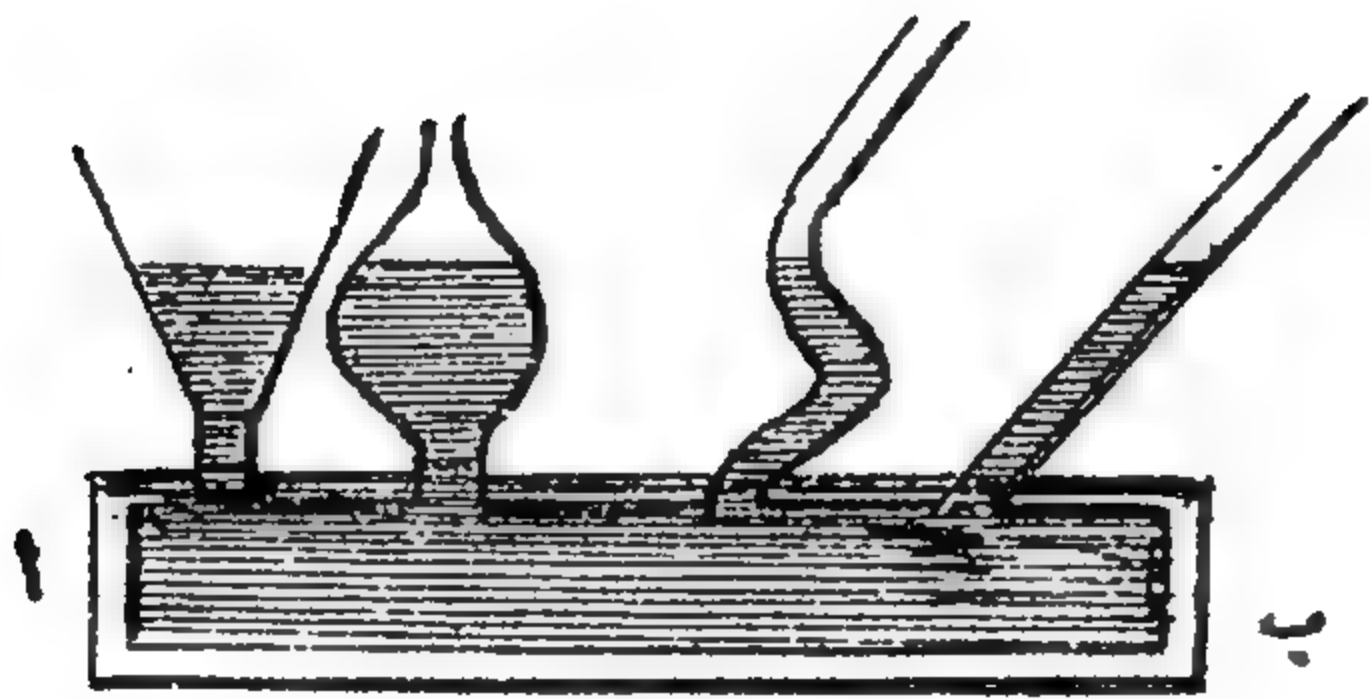
(٤١)

$$\begin{aligned} \text{الضغط في ب} &= \text{الضغط في د} - \text{ث} \times \text{د ب} \\ &= \text{الضغط في ح} - \text{ث} \times \text{ا ح} \\ &= \text{الضغط في ا} \end{aligned}$$

سأجد يظهر مما ذكر أن جميع نقط سطح المائع التي يكون فيها الضغط مساويا للصفر أو لتأثير ضغط الجو يلزم أن تكون في مستو واحد أفقي وهذا يسرى على الحالة التي يكون فيها سطح المائع منقطع بانغمار اجسام صلبة أو بأى واسطة كانت

وما ذكر يمكن ايضا حله أحيانا بالعبارة الآتية وهي أن الموائع تكون دائما حافظة لسطحها الأفقي

وهناك تجربة توضح ذلك مبينة في الشكل ١٦ المشتمل على عدد حيثما اتفق



ش ١٦

من الأواني الزجاجية المختلفة الشكل المتصلة جميعها بما سورة أو أناء

مغلق ١ ب فيرى أنه إذا صب الماء في إحدى الأواني المذكورة فإنه

بعد امتلاء الماسورة ١ ب يرتفع الماء المذكور إلى ارتفاع واحد في

جميع تلك الأواني وإذا انصرف جزء من إحدى هذه الأواني فإن

الماء يخط في وضع جديد بحيث يكون ارتفاعه واحدا في جميعها

ويرى تطبيق هذه القاعدة عمليا في كيفية توزيع المياه في المدن وهي أن يوضع خزان على ارتفاع عظيم

ومنه تنفرع عدة مواسير لتوزيع المياه إلى أعلى المنازل أو إلى أى نقطة لا يتجاوز ارتفاعها سطح الماء في

الخزان المذكور وتلك المواسير يمكن أن تكون مارة في باطن الأرض أو على طريق بحيث لا يكون أى جزء منها أعلى

من سطح الأصل للخزان السالف الذكر

سأجد السطح المشترك للمائعين لا يمتزجان يكون أفقيا

لأنه إذا فرضت نقطتان ١ هـ ٢ ك في الشكل ١٧ في السائل السفلى وكانا في مستو واحد

أفقي ورسم منها الرأسيان ١ هـ ٢ ك، ٢ ب العموديان على سطح السائل العلوى فيقابلان

السطح المشترك للسائلين فينقطتي ١ هـ ٢ ك وحيتئذا كان ث هو ثقل وحدة

الحجم من السائل السفلى، ث هو ثقل وحدة الحجم من السائل العلوى فيكون

$$\text{الضغط في هـ} = \text{ث} \times \text{د هـ} + \text{الضغط في ح}$$

$$= \text{ث} \times \text{د هـ} + \text{ث} \times \text{ا ح}$$

$$\text{والضغط في ك} = \text{ث} \times \text{د ك} + \text{ث} \times \text{د ب}$$

$$\text{وعليه يكون} \quad \text{ث} \times \text{د هـ} + \text{ث} \times \text{ا ح} = \text{ث} \times \text{د ك} + \text{ث} \times \text{د ب}$$

وكذا حيث أن ١ ب أفقي فيكون

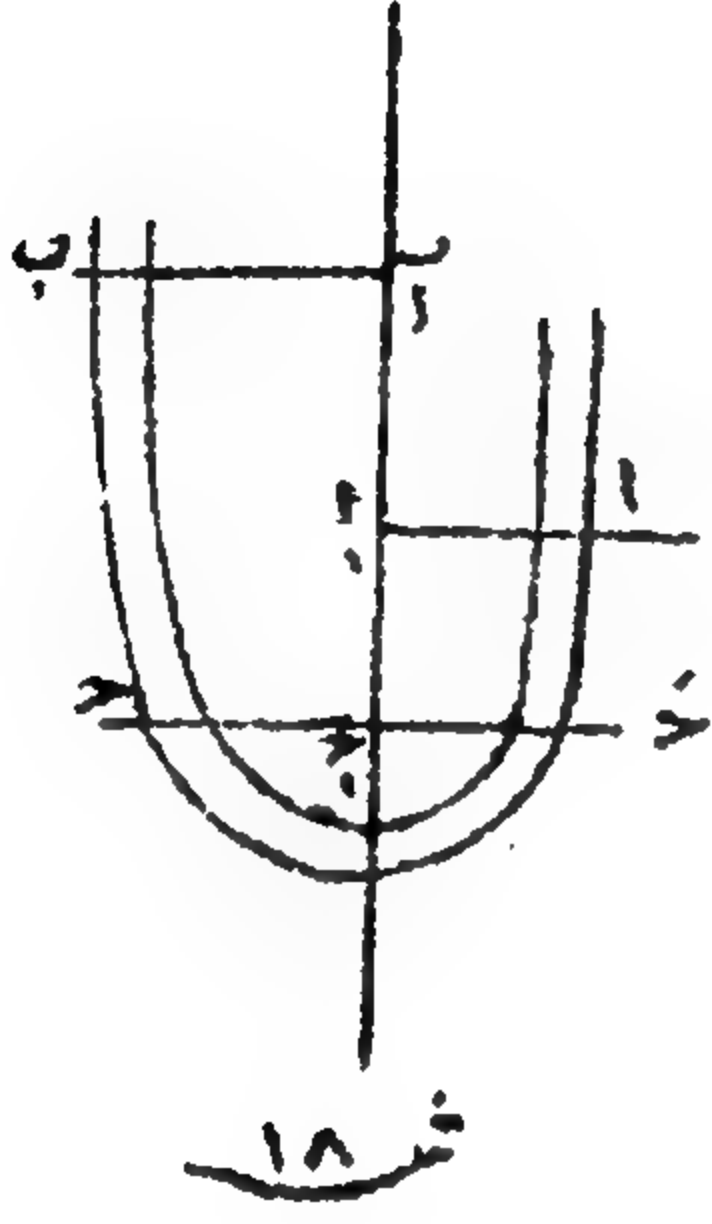
$$\text{د هـ} + \text{د ك} = \text{د ب} + \text{د ك}$$

وبضرب هذه المعادلة في ث وطرحها من بعد الضرب من المعادلة السابقة يحدث

(ث - ث) ح د = (ث - ث) ل ع أو
ح د = ل ع

وحينئذ يكون ح د أفقيا

بمثلة ٣ إذا تقابل مائتان لا يمتزجان في ماسورة منحنية فارتقا عا سطحها العلويين عن السطح المشترك لهما يكونان
مناسبين عكسا لكثافتيهما



لأنه إذا فرض أن ١، ٢ هما السطحان العلويان وح هو السطح المشترك وأن
ل ع هما كثافتا ح د، ١ ورسم مستويات أفقية من ١، ٢ ح د فتقابل المستقيم
الرأسي في ١، ٢، ٣ وفرض أن ح د من السائل الكثيف موجودة مع ح د في مستو
واحد أفقي يكون

$$\text{الضغط في ح د} = \text{ح د} \times \text{ب} \times \text{ج}$$

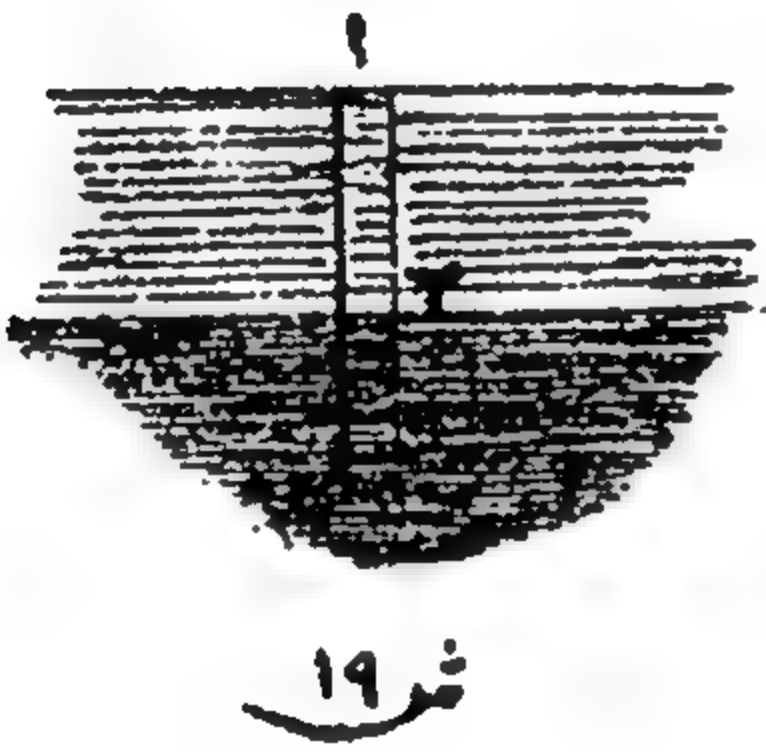
$$\text{والضغط في ح د} = \text{ح د} \times \text{ا} \times \text{ج}$$

وبناء على مثله ٣ يكون هذان المقداران متساويين وعليه يكون

$$\text{ل ع} \times \text{ب} \times \text{ج} = \text{ل ع} \times \text{ا} \times \text{ج} \quad \text{أو}$$

$$\text{ب} : \text{ا} = \text{ل ع} : \text{ل ع} \quad \text{وهو المطلوب}$$

بمثلة ٤ إذا كان سائلان لا يمتزجان موجودين في اناء واحد وكان المطلوب إيجاد الضغط في عمق معلوم
من السائل السفلي



نفرض أن ث شكل ١٩ هي النقطة التي في السائل السفلي ونزعم منها خطا رأسيات ١، ٢
فيقابل السطح المشترك في ب ونزعم اسطوانة رفيعة على ا ب ونفرض حجمها
فيثبث إذا كان ح د هو الضغط على ث وكان أ هو مساحة قطاع الأسطوانة يكون

$$\text{ح د} = \text{أ} \times \text{ثقل ا ب ث} = \text{ح د} \times \text{ا ب} \times \text{ا} + \text{ح د} \times \text{ب ث} \times \text{ا}$$

نفرض أن ل ع هما الكثافتان أو

$$\text{ح د} = \text{ح د} \times \text{ا ب} + \text{ح د} \times \text{ب ث} \times \text{ل ع}$$

وهذا يمكن استنتاجه مباشرة من المعادلة

$$\text{ح د} = \text{ح د} \times \text{ا ب ث} + \text{الضغط في ب}$$

لأن الضغط في ب = ح د × ا ب

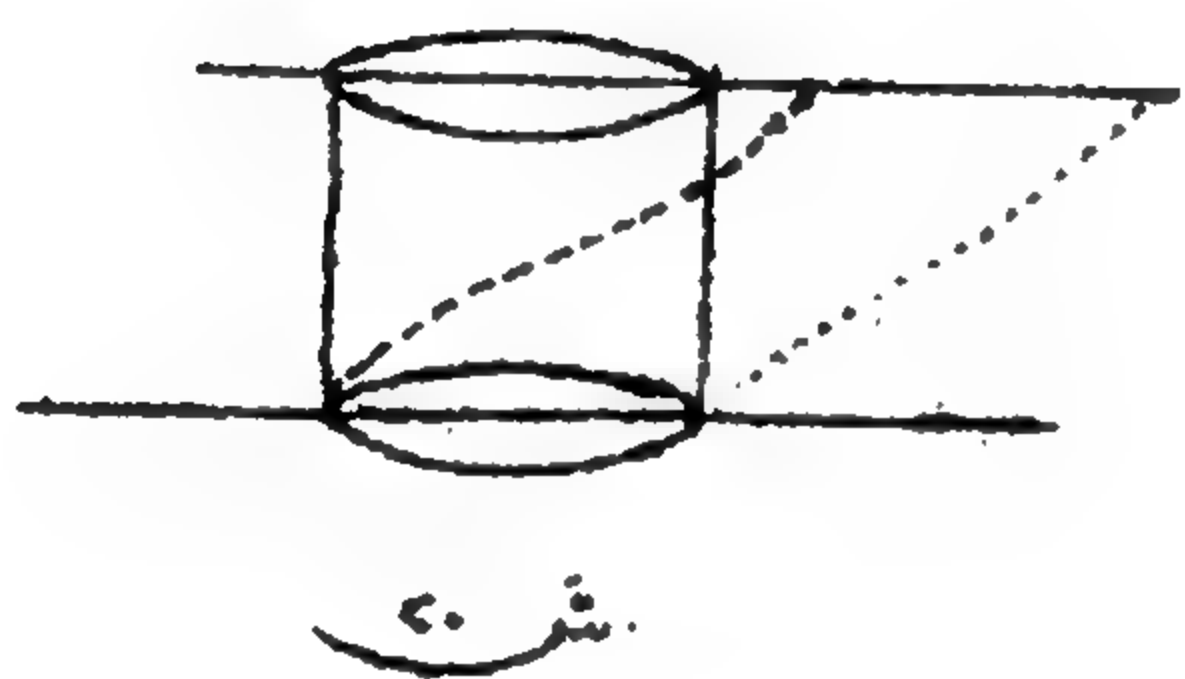
وبهذه الطريقة يمكن تعيين الضغط على أي نقطة من مجسم السائل المحتوي على عدد حينا انفق من الطبقات ذات
الكثافات المختلفة

وإذا كان السطح ١ معرضا للضغط الجوي يكون

$$\text{الضغط في ث} = \text{ح د} \times \text{ب ث} + \text{ح د} \times \text{ا ب} + \text{ص}$$

٢٤٥ ولنتبع الآن في الكلام على حالتين بسيطتين لضغط السائل على الأسطح المستوية فنقول
 قضية - ضغط المائع على مساحة أفقية يساوي ثقل عمود من المائع المذكور قاعدته المساحة المذكورة
 وارتفاعه يساوي انحطاط المساحة المذكورة عن سطح المائع المذكور
 لأنه إذا كان $س$ هو الانحطاط عن سطح المائع فالضغط ونقطة مما يكون مساويا الى $ث$ $س$ أو $ح$ $س$
 وحينئذ إذا كان $أ$ رمزاً للمساحة فالضغط عليها يساوي $ث$ $س$ $أ$ وفي هذا المقدار $س$ $أ$ عبارة عن حجم العمود
 المذكور

ويرى أن هذا المقدار غير متعلق بشكل الإناء الشامل للسائل ويمكن الحصول على هذه النتيجة أيضا بالطريقة الآتية وهي أنه إذا رسم خطوط رأسية من محيط المساحة $ك$
 وفرض أن جزء السائل المحصور داخل تلك الرأسيات قد تجدد فضغط السائل الخارج يكون جميعه أفقيا وعليه
 فالضغط على القاعدة يلزم أن يكون مساويا لثقل الجزء المتجدد



فإذا كان شكل الإناء كالشكل $ب$ المبين بالخطوط المنقطعة الذي فيه السطح
 العلوي للسائل ليس مسامتا للمساحة $ك$ فيمكن تصور امتداد السائل
 المذكور وجعله مسامتا للمساحة $ك$ بواسطة اتساع الإناء وفي هذه
 الحالة لا يتغير الضغط على أي نقطة من المساحة المذكورة وعليه فالبرهان
 السابق يمكن تطبيقه على هذه الحالة أيضا

٢٤٦ ثللا إذا ملئ بالماء مخروط مجوف رأسه من أعلى وفرض أن $س$ نصف قطر القاعدة $س$ ارتفاع المخروط
 فالضغط على القاعدة يكون مساويا الى $ث$ $ط$ $س$ أو $س$ $ط$ $س$ أعني يساوي ثقل اسطوانة
 من السائل متحدة مع المخروط في القاعدة والارتفاع

٢٤٧ إذا عمقت مساحة مستوية على شكل مستطيل في مائع وكان أحد أضلاعه في سطح السائل ومستوية
 صانع مع الرأس زاوية قدرها $هـ$ والمطلوب تعيين الضغط الواقع على المساحة المذكورة

نفرض أن الشكل هو القطاع الرأسى العمودى على الضلع $ب$ المفروض في سطح المائع شكل $ب$ وان $هـ$ $أ$
 مثلا هو قطاع المستطيل ونرسم مستويا $ب$ $د$ مارا بالقاعدة السفلى
 $ب$ ونفرض تجدد السائل في الجزء $أ$ $ب$ $د$ فينئذ يكون ثقل الجزء المتجدد
 واقفا على المستوى $أ$ $ب$ لأن الضغط على $ب$ $د$ أفقى
 وحينئذ إذا فرض جرف $هـ$ للضغط الواقع على $أ$ $ب$ بالتعامد على مستوية
 يكون



$$\begin{aligned}
 & و ح ا هـ = ثقل أ ب د = \frac{1}{2} \times ث \times ا د \times ح = \frac{1}{2} \times ث \times ح ا هـ \\
 & = \frac{1}{2} \times ث \times ا ح ا هـ ح ا هـ \text{ أو } \\
 & و = \frac{1}{2} \times ث \times ا ح ا هـ = \frac{1}{2} \times ث \times ا \times ح ا هـ
 \end{aligned}$$

أعني أن الضغط يكون مساويا إلى ثقل عمود من السائل قاعدة المستطيل المفروض وارتفاعه مساويا لارتفاع
منتصف AB عن سطح المائع

وحيث أن اتجاه الضغط W يصنع مع الأفق زاوية قدرها $\frac{1}{2}$ فتكون المركبة الأفقية له مساوية إلى
 $\frac{1}{2} T \cos \theta$

وبالتأمل نرى أن الجزء المتجه AB في حالة السكون بتأثير الضغط الأفقي الواقع على BC وتأثير الثقل
وبتأثير رد الفعل W

وعليه فالضغط على $BC = W \cos \theta = \frac{1}{2} T \cos \theta$

$$= \frac{1}{2} T \cos \theta \times \frac{1}{2} AC \cos \theta$$

$$= \frac{1}{4} T \cos^2 \theta (AC \cos \theta) \quad (\text{المساحة } BC)$$

وهو عين القانون الذي نتج بالنسبة إلى AB وقد يتج القانون المذكور أيضا يجعل $\theta = 90^\circ$ في مقدار W
والنتائج السابقة يمكن تعميمها في البند الآتي الذي فيه نتخذ طريقة أخرى

الضغط الكلي

بسط تعريف - الضغط الكلي لسائل على سطح ما هو مجموع الضغوط العمودية الحادثة من السائل المذكور على
كل جزء من السطح المذكور

ففي حالة ما يكون السطح مستويا فإن الضغط في كل نقطة يكون في اتجاه واحد والضغط الكلي يكون حينئذ محصلة
الضغوط وأما في حالة ما يكون السطح منحنيًا فإن الضغط الكلي يكون مساويا للمجموع الرقعي لجميع الضغوط المؤثرة
في اتجاهات مختلفة على السطح المفروض

بسط قضيه - الضغط الكلي لمائع على سطح ما يساوي ثقل عمود من المائع المذكور قاعدة مساوية لمساحة
السطح المفروض وارتفاعه مساويا لارتفاع مركز ثقل ذلك السطح عن سطح المائع

لأنه إذا فرض أن السطح منقسم إلى عدد عظيم من مساحات صغيرة جدا مثل $1, 2, 3, \dots, n$ الخ وفرض أن
 $1, 2, 3, \dots, n$ الخ هي المخططات مراكز ثقل تلك المساحات عن سطح المائع المفروض فيفرض أن المساحات
صغيرة جدا يمكن اعتبار كل منها سطحًا مستويا والضغط الواقعة عليها تكون حينئذ مساوية على السطح إلى

$$\frac{1}{2} T \cos \theta, \frac{2}{2} T \cos \theta, \dots, \frac{n}{2} T \cos \theta$$

باعتبار أن الضغط على كل مساحة منتظم وحينئذ يكون

$$\text{الضغط الكلي} = \frac{1}{2} T \cos \theta \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} A_i \cos \theta$$

ولكن إذا فرض W ثقل عمود من السطح بتمامه يكون

$$W = \frac{1}{2} T \cos \theta \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} A_i \cos \theta$$

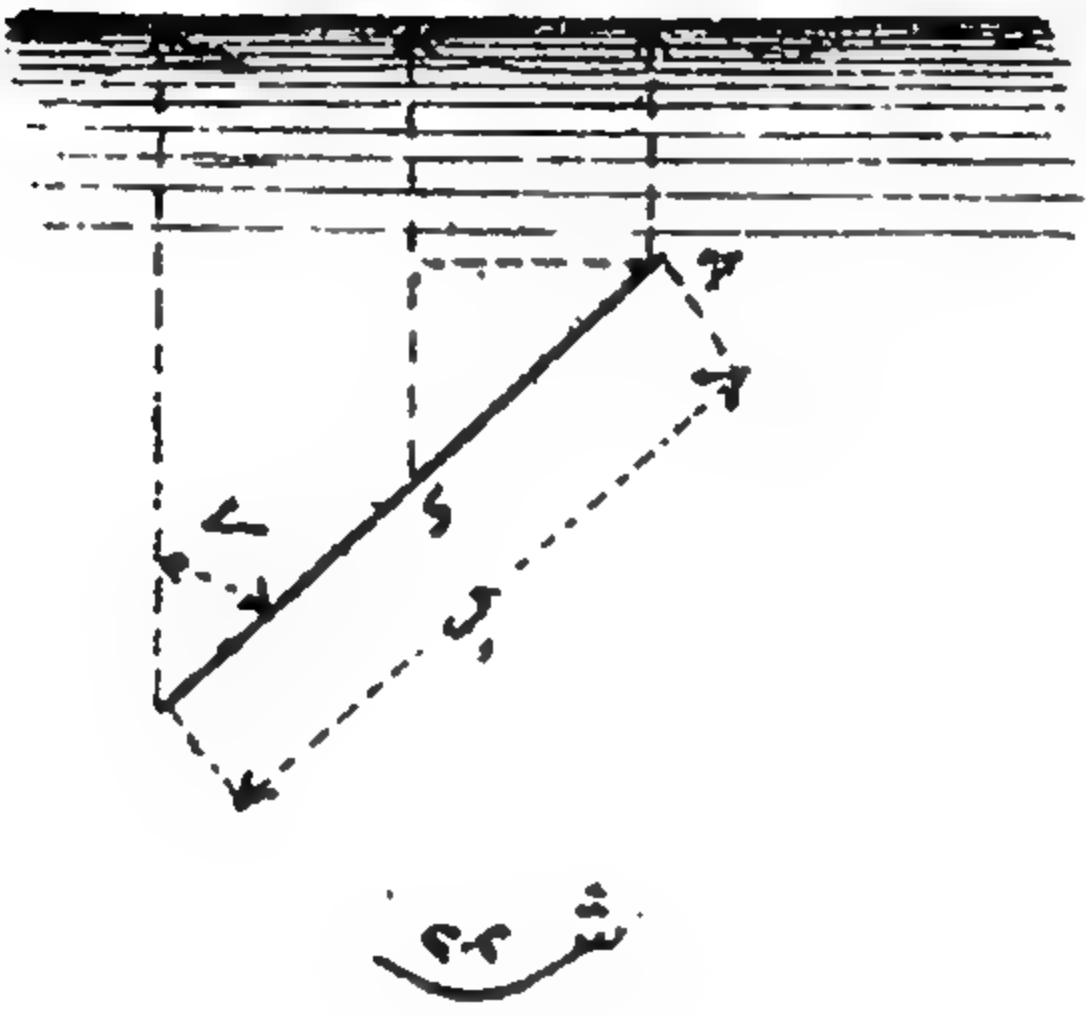
$$\text{الضغط الكلي} = \frac{1}{2} T \cos \theta \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} A_i \cos \theta$$

$$\text{الضغط الكلي} = \frac{1}{2} T \cos \theta \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} A_i \cos \theta$$

بفرض ان س هي مساحة السطح المفروض . وفي هذا المقدار رس عبارة عن حجم العمود المذكور
واذا كان ك رمز لكثافة السائل فمقدار الضغط الكلي يكون مساويا الى

ك رس

المثال الأول - مستطيل مغمور وضلعان منه افقيان وان الضلع العلوي شكل ٢٢ منقطع عن سطح المائع بمقدار
ح ومستوى المستطيل المذكور مائل على الرأسى بزاوية قدرها هـ



فمركز الضلع الاثني بحرف ا وللضلع الآخر بحرف ب . وحينئذ فإحداثيات مركز
الثقل يساوى $\frac{1}{2}(a + b \sin h)$

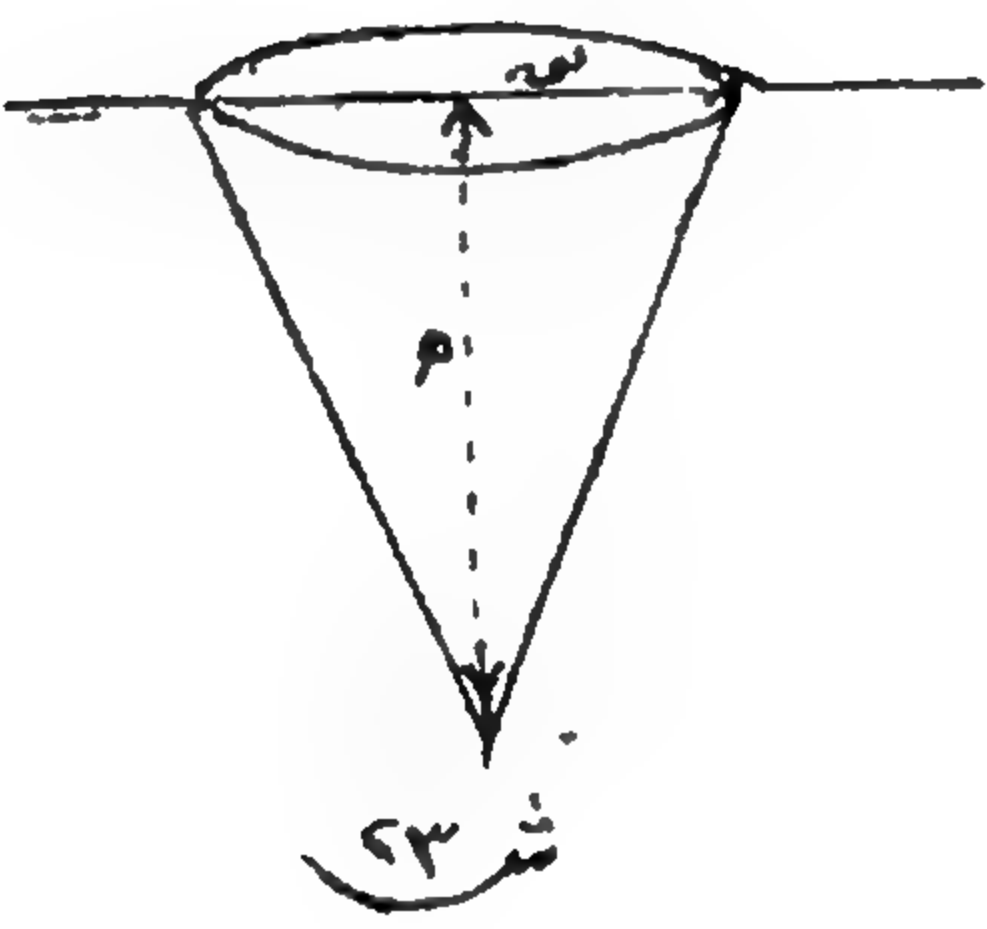
والضغط الكلي = $\frac{1}{2} \theta (a + b \sin h)$ ا ب

المثال الثانى - اسطوانة رأسية نصف قطر قاعدتها نو وارتفاعها

هـ مملوءة بسائل

فالسطح المحدب = $\pi r^2 h$

والضغط الكلي = $\theta \pi r^2 h$



المثال الثالث - مخروط مجوف رأسه اسفل شكل ٢٣ مملوء بالماء
فمركز جوف نو لنصف قطر القاعدة وجرى هـ لارتفاع المخروط . وحينئذ

يقطع المخروط فى اتجاه أحد الرواسم وانفراده على مستو فسطحه يكون قطاع
دائرة فيه الضلع المائل هو نصف القطر ومحيط القاعدة هو القوس

لكن مساحة القطاع = $\frac{1}{2} (\text{القوس}) (\text{نصف القطر})$

والسطح = $\pi r^2 \sqrt{1 + \sin^2 h}$

وحيث أن سطح المخروط هو نهاية سطح الهرم المكون من مثلثات رأسها المشتركة فى رأس المخروط وقواعدها
اضلاع شكل كثير الاضلاع المرسوم داخل الدائرة وكان مركز ثقل كل مثلث منقطع عن سطح السائل بمقدور ثلث هـ

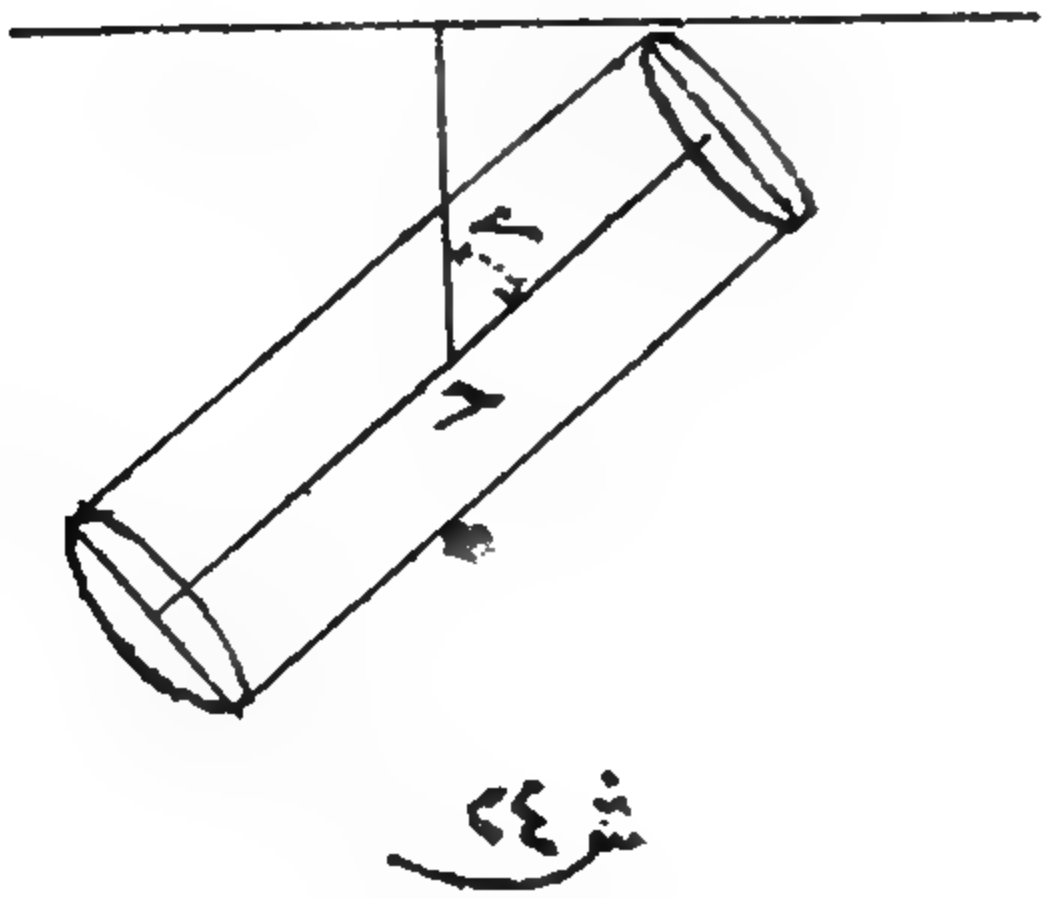
فيكون $\frac{1}{3} \theta$ هو مقدار إختلاف مركز ثقل سطح المخروط وعليه

فالضغط الكلي = $\frac{1}{3} \theta \pi r^2 \sqrt{1 + \sin^2 h}$

المثال الرابع - اذا فرض أن الاسطوانة فى المثال الثانى مسدودة من الطرفين ومملوءة بالمائع ومحورها

مائل على الرأسى بزاوية قدرها هـ شكل ٢٤ وكان سطح السائل افقيا ومارا

بأعلى نقطة من الاسطوانة المذكورة



فإحداثيات مركز الثقل = $\frac{1}{2} (a + b \sin h)$

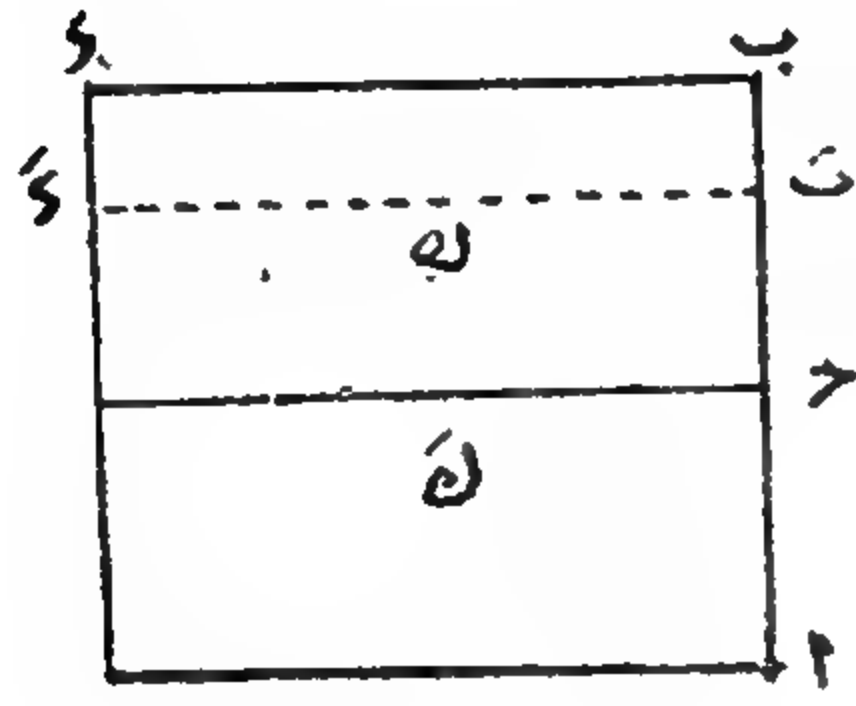
وحينئذ يكون الضغط الكلي على السطح المخفى مساويا الى

$\theta \pi r^2 h (a + b \sin h)$

والضغط الواقع على السطح بما فيه القاعدتين يكون مساويا الى

ث (ط هـ + ط نة) (هـ حاء + هـ حاء) (هـ حاء)

المثال الخامس - اذا كان اناء مكعب الشكل مملوء بمائعين متساويي الحجم كثافتها معلومتان شكله وكان المطلوب معرفة الضغط على القاعدة وعلى أحد أوجه الأناء المذكور



شكل ٤٥

نقترض ان آ رمز لأحد اضلاع الشكل وأن ك، ك كثافتا المائعين العلوي والسفلي مع فرض أن ك أكبر من ك

وحينئذ فالضغط على القاعدة = ثقل جميع السائل

$$= \frac{1}{4} ك \times \frac{1}{4} + \frac{1}{4} ك \times \frac{1}{4}$$

$$\text{والضغط على الجزء ب} = ك \times \frac{1}{4} = \frac{1}{4} ك \times \frac{1}{4} = \frac{1}{8} ك \times \frac{1}{4}$$

ولأيجاد الضغط على اء يعوض المائع هـ بثقل مساو له من المائع السفلي وهذا التعويض لا يؤثر في الضغط على أي نقطة من الوجه اء

وحينئذ اذا كان تء هو السطح المسجد يكون

$$ك \times ت = ك \times ب = ك \times \frac{1}{4}$$

$$\text{وكذا انخطاط مركز ثقل اء عن ت} = ت = ك \times \frac{1}{4} = \frac{1}{4} ك \times \frac{1}{4} + \frac{1}{4} ك \times \frac{1}{4}$$

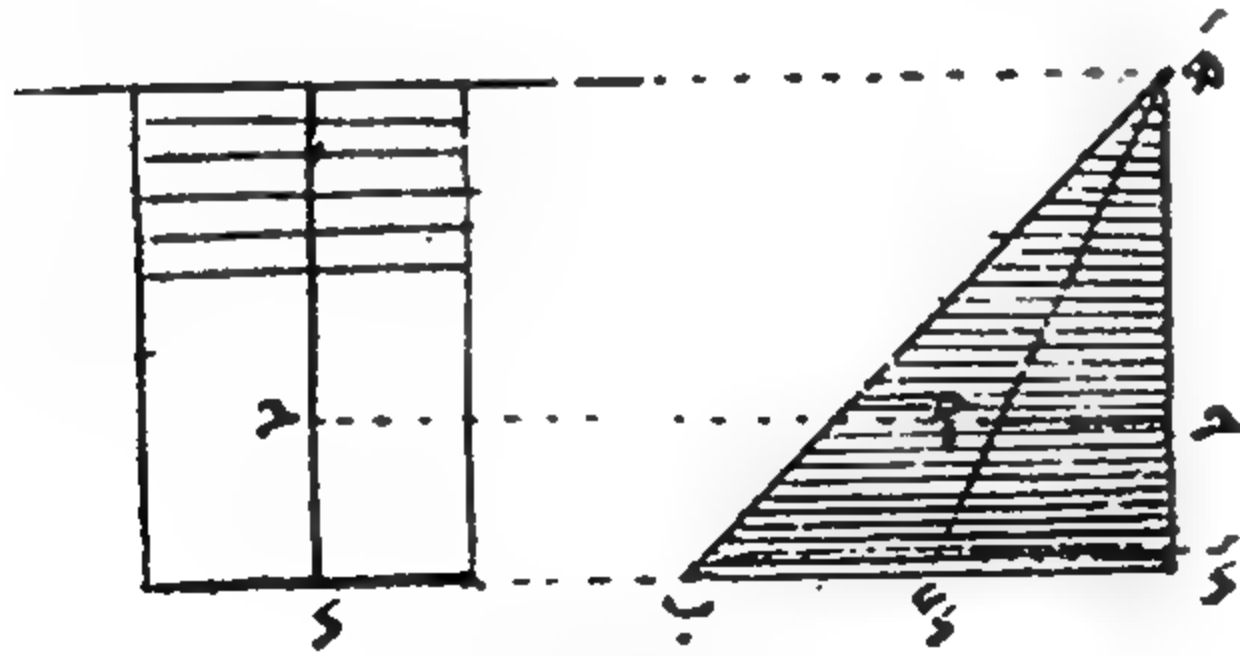
$$\text{وحينئذ فالضغط على اء} = ك \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{8} ك \times \frac{1}{4} + \frac{1}{8} ك \times \frac{1}{4}$$

$$= \frac{1}{8} ك \times \frac{1}{4} + \frac{1}{8} ك \times \frac{1}{4}$$

مركز الضغط

٤٩ تعريف - مركز الضغط على مساحة ما مستوية هو نقطة تأثير محصلة ضغوط السائل على المساحة المستوية المذكورة

فاذا اعتبرنا الحالة البسيطة التي فيها مستطيل مغمور في مائع واحد اضلاعه في سطح المائع المذكور تقسم المساحة المفروضة الى اجزاء متساوية صغيرة جدا بمستقيمات افقيه وحينئذ فالضغط على كل جزء منها يكون واقعا في منتصفه ومناسبا لاختطاطه عن سطح المائع وحينئذ فيؤول الأمر لايجاد مركز ثقل جملة قوى متوازية موثقة بالتعامد على المستوى المذكور في نقط من الخط هـ متساوية الأبعاد ومناسبة تلك القوى لأبعادها عن هـ شكل ٤٦



شكل ٤٦

وهذا يرجع الي تعيين مركز ثقل مثلث رأسه في هـ ومنتصف قاعدته د

وعليه فمركز الضغط يقسم هـ بنسبة ١ الى ١

وبالمثل فإنه يمكن تعيين مركز ضغط مثلث رأسه في سطح المائع وقاعدته

افقيه شكل ٤٧ ومركز ضغط مثلث قاعدته في سطح المائع شكل ٤٨

في الحالة الأولى يكون بعد مركز الضغط عن سطح المائع مساويا $\frac{3}{4}$ الارتفاع لأن الضغط الواقع على المثلث في هذه الحالة يناسب حجم الهرم الرباعي هـ أ و م ت وحينئذ يكون مركز ثقله د عبارة عن مركز الضغط الذي

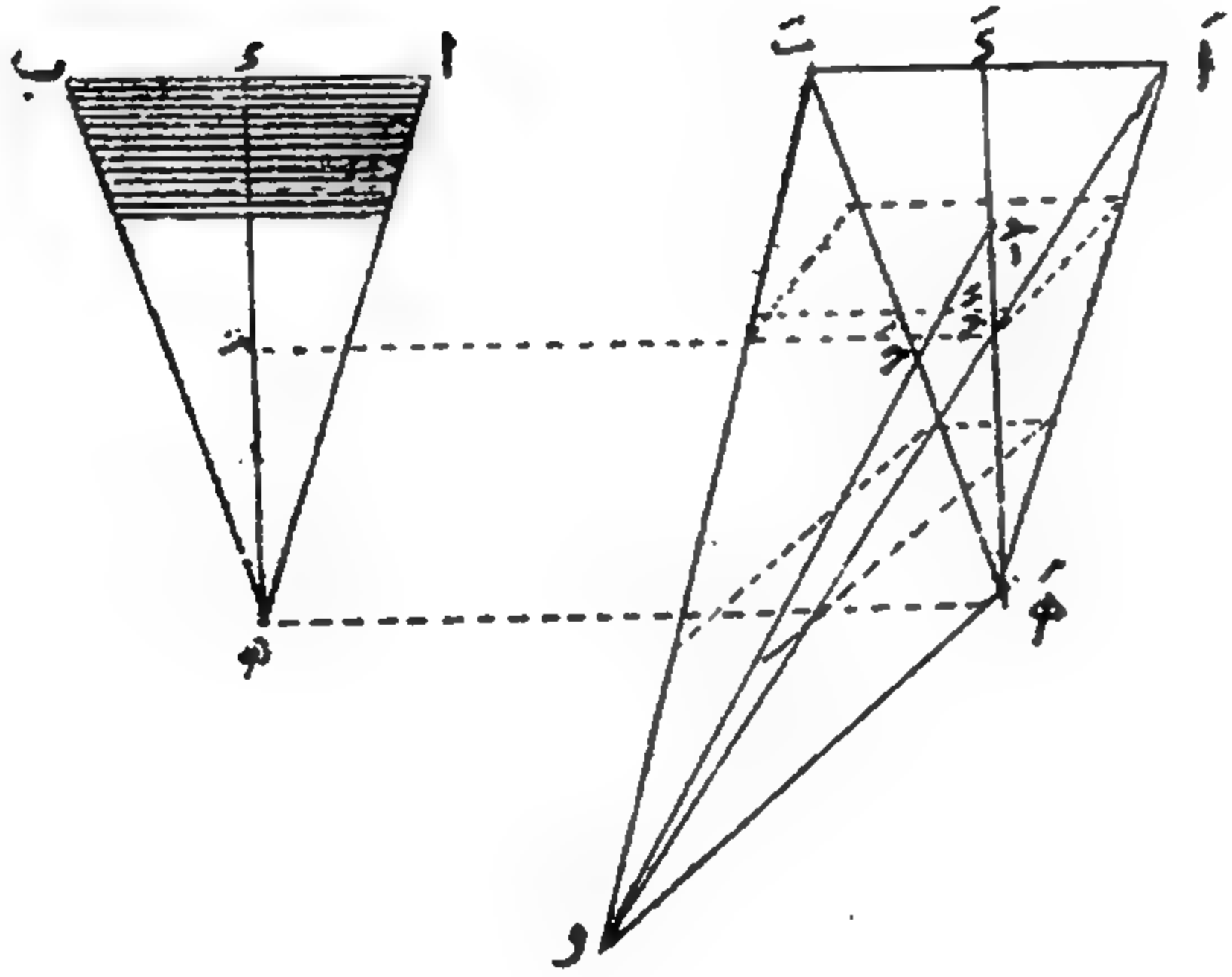
(٢٧)

الذى يمكن تعيين وضعه على سطح المثلث $أهـ ب$ في نقطة $ح$ من بعد اسقاط نقطة $ح$ في $د$ واسقاط نقطة $ح$ في $د$ ويتحقق حينئذ أن

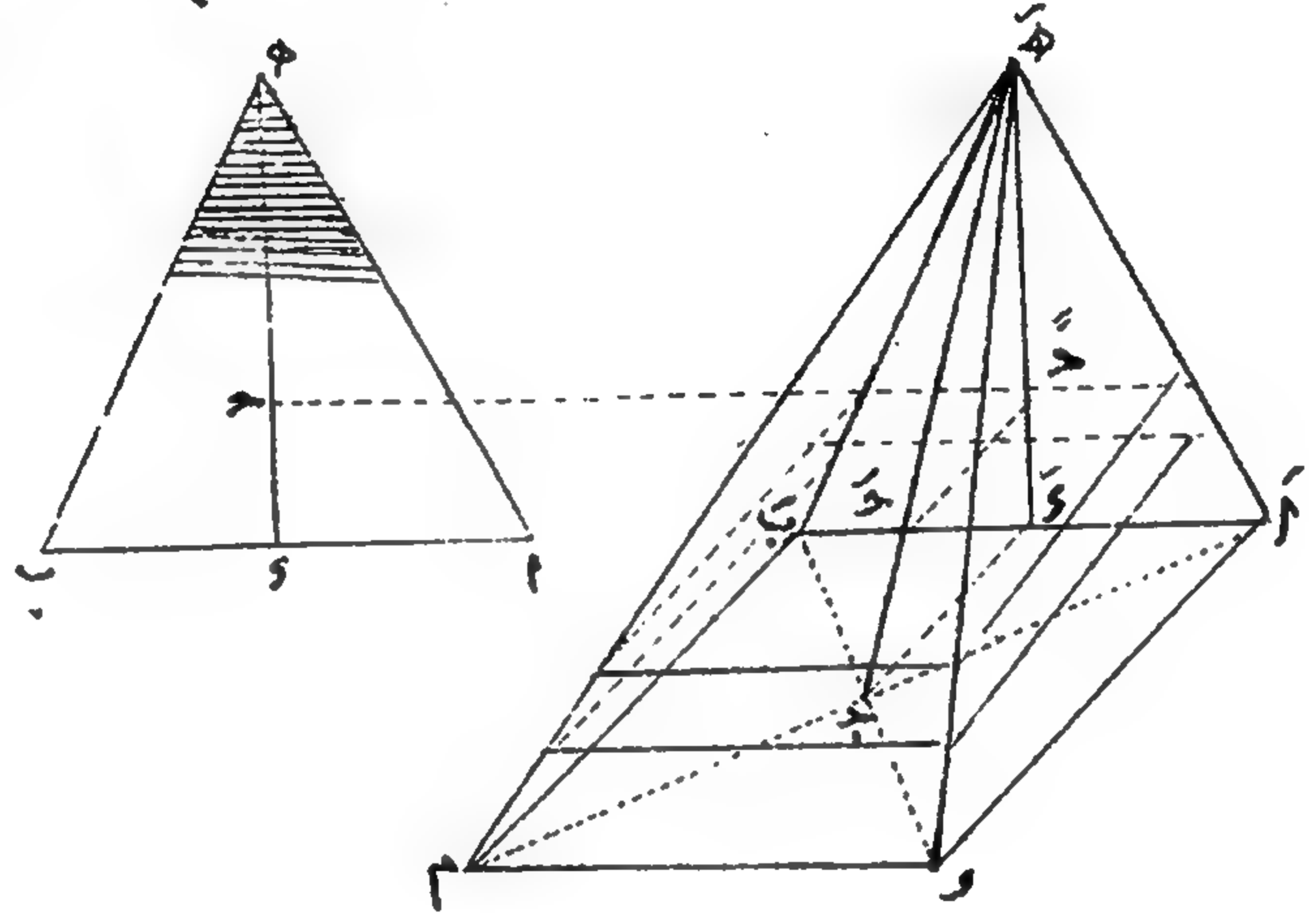
$$هـ د = ح د \times \frac{٣}{٤}$$

وفي الحالة الثانية يكون مساويا لنصف بعد أعلى نقطة عن سطح المانع المذكور لأن الضغط الواقع على المثلث في هذه الحالة الأخيرة يناسب حجم الهرم المثلثي $و أ ت هـ$ وحينئذ يكون مركز ثقله $ح$ عبارة عن مركز الضغط الذى يمكن تعيين وضعه على سطح المثلث $أ ب هـ$ في نقطة $ح$ من بعد اسقاط نقطة $ح$ في $د$ واسقاط نقطة $ح$ في $د$ ويتحقق حينئذ أن

$$هـ د = ح د \times \frac{١}{٢}$$



ش ٢٧



ش ٢٨

شهد ويمكن الآن فهم حالة ضغوط السوائل وأن تأثيرها لا يتعلق بكميتها بل يتعلق بوضع وترتيب الأجزاء المتوالية للسطوح المضغوطة ويلزم أن يلاحظ أن سطح أى سائل غير مرن أو مانع يكون دائما مستويا افقيا مرسوما من أعلى نقطة أو نقط من السائل وأن الضغط يتعلق فقط بالانحطاط أسفل المستوى الأفقى المذكور فتأثر في إنشاء بوابات الهويسات فأت اتساع مجارى المياه ليس له دخل في الضغط بل أن الضغط يتعلق بارتفاع السطح وفي حساب القوى والانشاءات يلزم اعتبار أعظم ارتفاع عند المد وأما التأثيرات التى تنشأ من صعود المياه في المد السريع أو العواصف لها اعتبار غير ذلك ويرى من هذه القاعدة أنه في إنشاء الجسور أو تقوية شواطئ الأنهر يلزم أن تكون القوى مناسبة الى الانحطاط عن سطح الماء

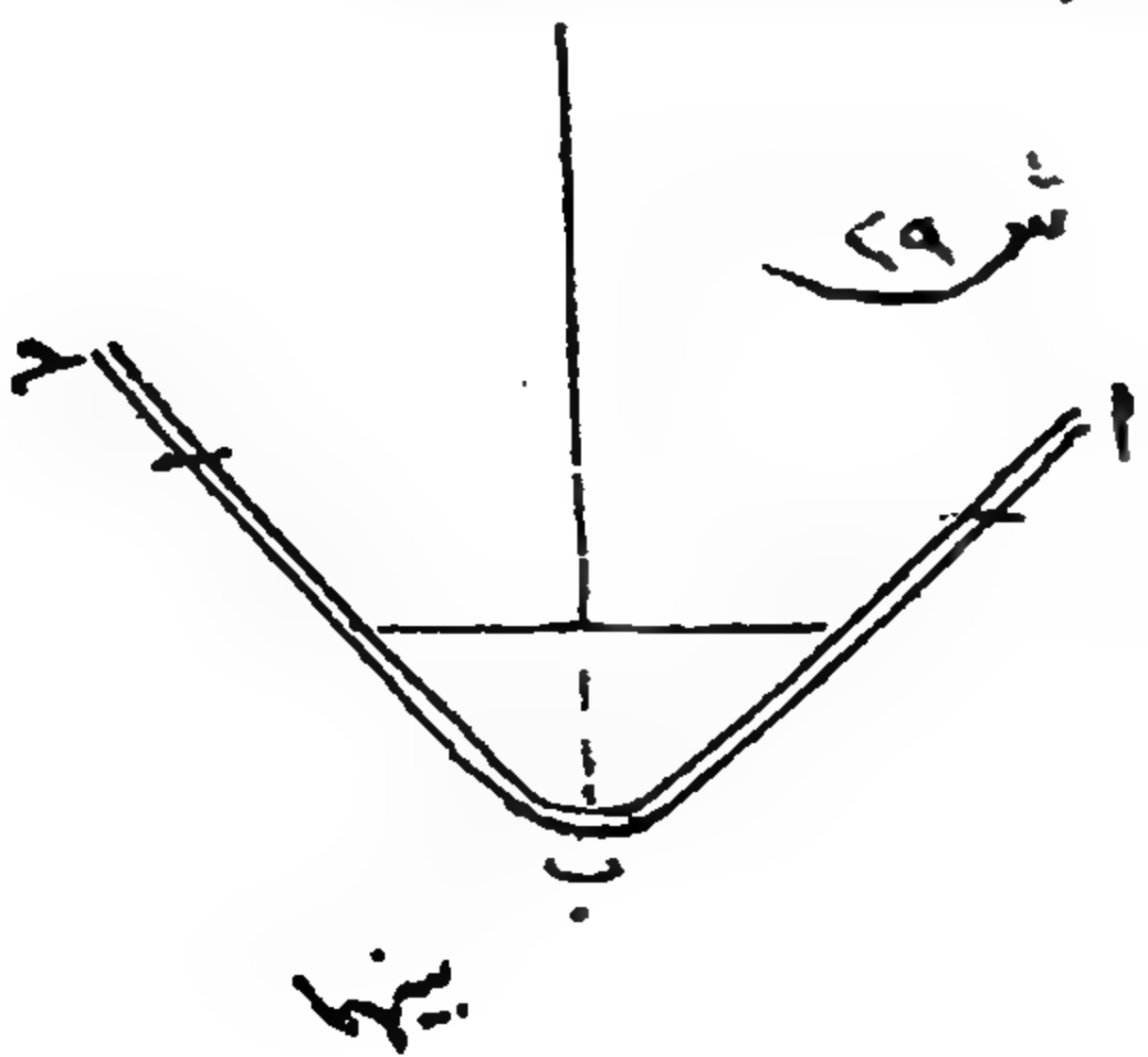
اختبار في الباب الثالث

- (١) ما مقدار الضغط الواقع على قاعدة اناء من صب مانع زيادة عما هو موجود فيه من ذلك المانع
- (٢) المطلوب تعيين الضغط على عمق ١٠٠ قدم في بحيرة باهال ضغط الجو ثم باعتبار
- (٣) وضع الحالة التى فيها الموانع تحفظ سطحها الأفقى

- (٤) خزان ماء مرتفع بقدر ٤٠٠ قدم عن مستوى أرضية منزل والمطلوب تعيين ضغط الماء في ماسورة مرتفعة بمقدار ٣٠ قدم عن المستوى المذكور
- (٥) ثلاث موائع غير قابلة للزج موضوعة في أناء والمطلوب البرهان على أن أسطحها المشتركة تكون أفقية وإيجاد الضغط على عمق ما في المائع السفلي
- (٦) مساحة مثلثة متساوية الأضلاع طول كل ضلع منها قدم واحد غمرت في الماء وكان أحد أضلاعها في سطح الماء والمطلوب تعيين الضغط عليها بالأرطال
- (٧) ميز بين الضغط الكلي وبين محصلة الضغط
- (٨) مخروط مجوف رأسه أعلاه مملوء بمائع ملأ تماماً والمطلوب تعيين الضغط الكلي على سطح المخروط
- (٩) المطلوب البرهان على أن لخطاط مركز ضغط مساحة مستوية عن سطح المائع يكون أكبر من الخطاط مركز ثقل تلك المساحة عن السطح المذكور
- (١٠) المطلوب تعيين مركز ضغط مثلث رأسه في سطح المائع وقاعدته أفقية
- (١١) مستطيل أحد أضلاعه في سطح المائع والمطلوب تقسيمه بخط أفقي إلى قسمين بحيث يكون الضغط فيها واحداً
- (١٢) المطلوب تقسيم المستطيل المتقدم بخطوط أفقية إلى أجزاء يكون الضغط فيها واحداً
- (١٣) مثلث قاعدته أفقية ورأسه في سطح المائع والمطلوب تقسيمه بخط أفقي إلى قسمين يكون الضغط فيهما واحداً

أمثلة

- (١) مثال - اسطوانتان رأسيان موضوعتان على طاولة أفقية ومستطرفتان بانبوبة ملامسة للطاولة المذكورة ومملوء جزء منهما بالماء ويوجد في إحدى الأسطوانتين المذكورتين مكبس يحكم ملامس للماء الموجود فيها ثقله معلوم والمطلوب إيجاد وضع ذلك المكبس بعد حصول التوازن
- (٢) إذا كان السطح العلوي لأناء مملوء بالماء مزجياً ضلعة $\frac{4}{5}$ بوصة قدم ومتصل بداخله لأناء المذكور ماسورة مملوءة بالماء أيضاً لارتفاع ٨ قدم فامقدار الثقل (بالأرطال) الذي يلزم وقوعه على غطاء الأناء لينع الماء من الخروج من بعد معلومية أن ثقل القدم المكب من الماء يساوي ١٠٠٠ أوقية
- (٣) شكل متوازي الأضلاع مغمور في مائع أحد أضلاعه في سطح المائع المذكور والمطلوب مد من إحدى نهايتي ذلك الضلع خطاً مستقيماً بحيث يقسم الشكل المفروض إلى قسمين يكون فيهما الضغط واحداً
- (٤) انبوبة رفيعة أ ب د شكل ٩، منحنية بحيث أن كلا من الجزئين أ ب د مستقيم وعمودي على الآخر والانبوبة المذكورة موضوعة بحيث أن فرعيها مائلان بالتساوي على الخط الرأسى من الجانبين وصب فيها مائعتان متساويتا الحجم كثافتهما بنسبة ٤ إلى ١ والمطلوب إيجاد ارتفاع السطح المشترك



بينهما عن نقطة ب

(٥) اسطوانة رأسية ملسة ارتفاعها قدم واحد وقطرها قدم واحد كذلك ملئت بالماء وغلقت بمكبس

ثقيل ثقله يساوى ٤ أرطال والمطلوب إيجاد الضغط الكلى على سطحها الخلاب

(٦) كرة وزن رطل واحد في الماء غلقت فيه بخيط مربوط في المكبس السابق وكانت نسبة الثقل النوعي لمعدن

الكرة المذكورة الى الثقل النوعي للماء كنسبة ٧ الى ٢ والمطلوب إيجاد الضغط في أى عمق ثم إيجاد

الضغط الكلى على سطح الكرة المفروضة

(٧) اناء اسطوانى الشكل موضوع على طاولة محتو على ماء غمرت فيه قطعة من الرصاص حجمها معلوم معلقة بخيط

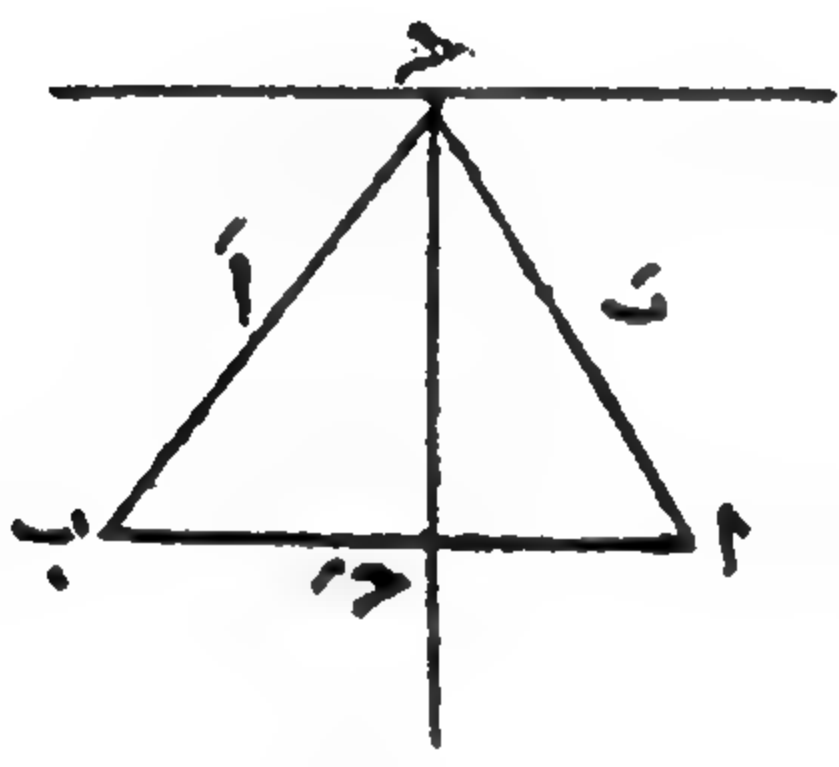
والمطلوب معرفة كيفية تغير الضغط على القاعدة حينما يكون الاناء مائلا وحينما يكون غير مائل ولإيجاد مقدار

التغير في الحالة الثانية

(٨) اسطوانة مجوفة مسدودة من طرفيها مملوءة بالماء ومعلقة بحيث أن محورها يكون افقيا وكان الضغط الكلى

على سطحها بما فيه القاعدتين أقل من ثلاثة أمثال ثقل المائع والمطلوب المقارنة بين ارتفاع وقطر

الاسطوانة المذكورة



شكل ٣

(٩) مثلث ABC غمر رأسيا في مائع بحيث أن الرأس C موجودة

في السطح والضلعا AC و BC مائلان على السطح المذكور بميل واحد

والمطلوب البرهان على أن الرأس A المار بنقطة D يقسم المثلث المفروض

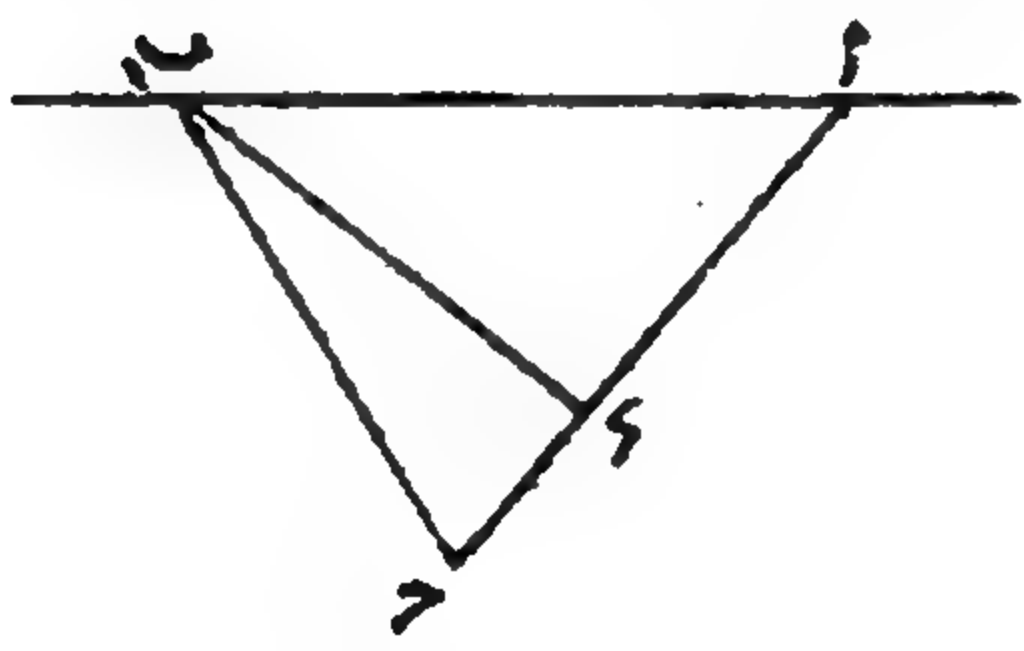
الى مثلثين بحيث تكون النسبة الكائنة بين الضغطين الواقعين عليها

كنسبة $\frac{AD}{DC} + \frac{AC}{BC}$ الى $\frac{AD}{DB} + \frac{AC}{BC}$

(١٠) مثلث غمر في سائل واحد أضلاعه في السطح والمطلوب تعيين وضع نقطة داخل المثلث المذكور بحيث

إذا وصل منها الى رؤوس المثلث الثلاث بخطوط مستقيمة فإن المثلث المفروض ينقسم الى ثلاثة مثلثات

تكون الضغوط فيها متساوية



شكل ٤

(١١) الضلع AB من مثلث ABC شكل ٤ في سطح المائع وأخذت نقطة مثل

D على الضلع AC بحيث يكون الضغط على كل من المثلثين DAB و DAC

واحدا والمطلوب إيجاد النسبة الكائنة بين AD و AC

(١٢) سائلان اثقالهما النوعية بنسبة ٢ الى ٣ واخضعها موضوع فوق

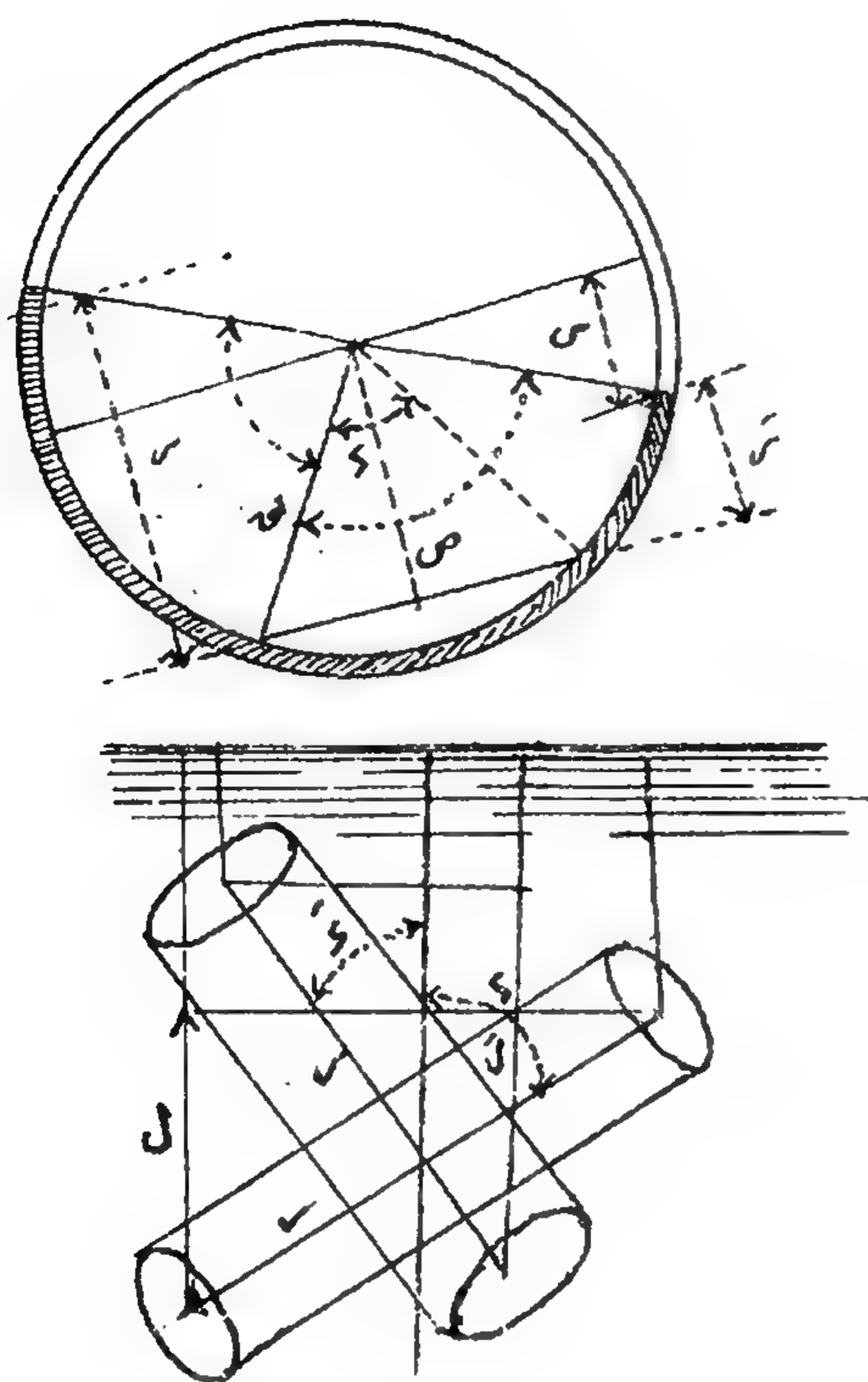
الآخر لسلك بوصات وغير مربع رأسيا بحيث أن أحد أضلاعه في السطح العلوى والمطلوب تعيين

المقدار اللازم اعطاؤه لضلع المربع المذكور بحيث يكون الضغطان الواقعان على جزئى ذلك المربع الموجود

في السائلين المذكورين واحدا

(١٣) اسطوانة رأسية محتوية على أجسام متساوية من ثلاثة سوائل غير مرهنة كثافتها ρ_1, ρ_2, ρ_3 على

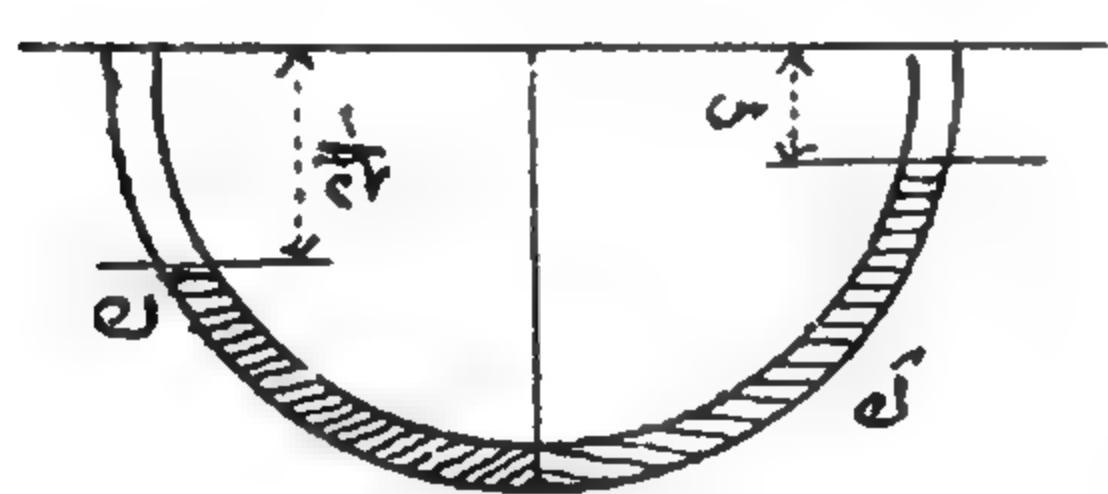
التوالى موضوع بعضها فوق الآخر بحسب الكثافة والمطلوب المقارنة بين الضغوط الواقعة على أجزاء السطح



المحلب للأسطوانة المفروضة الملاسة لتلك السوائل المختلفة
(١٤) انبوبة رفيعة منحنية على شكل دائرة محتوية على جسيمين معلومين من
مائعين مختلفين وكان المائعان المذكوران شاغلين نصف الانبوبة
المفروضة فقط والمطلوب تعيين وضعهما في حالة التوازن
(١٥) ميلا محورا اسطوانة مصمتة مغمورة في مائع على الخط الرأسى
في وضعين مختلفين متمان لبعضهما بعضا وكان هـ الفرق بين
الضغطين الواقعين على القاعدتين في أحد الوضعين ما به
الفرق بين الضغطين الواقعين على القاعدتين المذكورتين
في الوضع الآخر والمطلوب البرهان على أن ثقل المائع
المحذوف يكون مساويا الى

$$(ق + ق') \frac{1}{2}$$

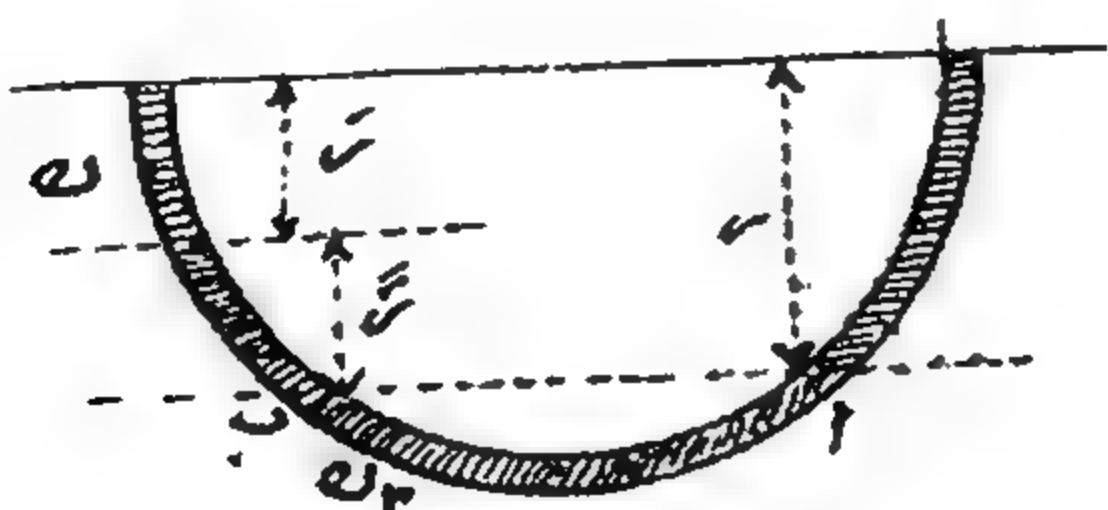
(١٦) اسطوانة رأسية محتوية على كمية من سائل عمقه يساوى قطر
قاعدة الاسطوانة وأخذت كرة ثقلها النوعى أربعة أمثال الثقل النوعى للسائل المفروض ونصف قطرها
مساو لنصف قطر الاسطوانة المذكورة ووضعت على السائل وحملت عليه والمطلوب تعيين ازدياد
الضغط الواقع على السطح المحلب للأسطوانة المذكورة من تلك الكرة التي تكون محكمة في الاسطوانة المفروضة
(١٧) ثلاثة سوائل كثافتها مكونة متوالية عددية مائة لانبوبة على شكل نصف دائرة قطرها افقى والمطلوب
البرهان على أن الخطاط أحد السطحين المشتركين يكون ضعف الخطاط السطح المشترك الآخر



(١٨) انبوبة صغيرة اسطوانية منحنية على شكل نصف دائرة وموضوعة بحيث
أن قطرها افقى وداخل الانبوبة المذكورة سداة يمكن أن تتحرك
الى أعلى أو الى أسفل وصب سائلان كثافتها ρ_1 و ρ_2 في فرعي
الانبوبة المذكورة وكان سطح السائل الكثيف يخطأ عن مستوى القطر
بمقدار $\frac{1}{2}$ عندما تكون السداة المذكورة رأسية والمطلوب تعيين الخطاط سطح السائل الآخر

(١٩) المطلوب البرهان على أنه اذا غمرت مساحة مستوية في مائع رأسيا فإن مركز الضغط يقرب من مركز
الثقل ر عند النهاية يقع عليه

(حل مسألة ١٧)

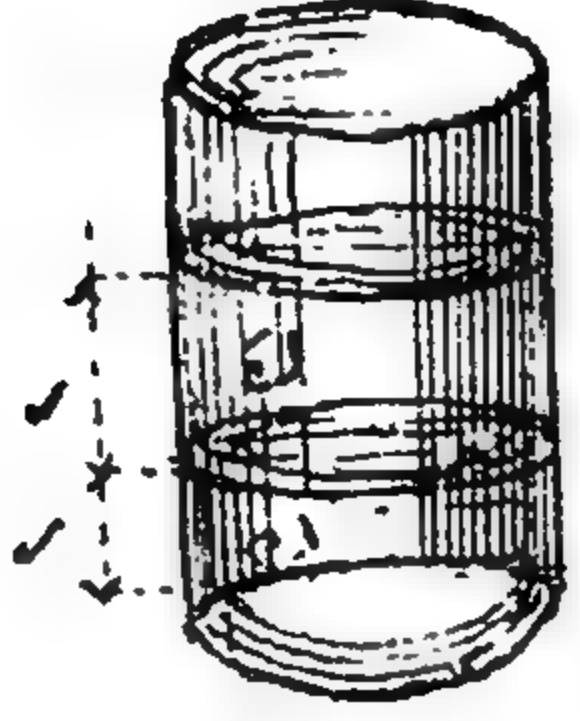


$$\text{الضغط في } ٢ = \rho_1 \times h_1$$

$$\text{الضغط في } ٣ = \rho_2 \times h_2 + \rho_1 \times h_1$$

فيكون $\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 + \rho_1 h_1$ ولكن $\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$ فيكون
 $\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$ أو $\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$ وهو المطلوب

- (٢٠) مساحة مستطيلة غمرت رأسيا لعمق معلوم وكان ضلعان منها افقيان والمطلوب تعيين مركز الضغط
 (٢١) المطلوب إيجاد مركز الضغط لمساحة مثلثة أحد أضلاعها في سطح المائع
 (٢٢) عمق الماء أمام بوابة رأسيه مستطيلة ضعف عمقه خلفها وفرض ان البوابة المذكورة مثبتة من أركانها
 والمطلوب تعيين الضغط على نقط الأركان المذكورة



- (٢٣) اسطوانة رأسيه محتوية على حجمين متساويين من مائعين والمطلوب المقارنة بين
 كثافتها حينما يكون الضغطان الكليان للمائعين المذكورين على السطح المحدب
 للأسطوانة المفروضة بنسبة ١ الى ٣
 (٢٤) اذا كانت الثانية وحدة الزمن فما تكون وحدة الطول التي بها يمكن استخراج الضغط (الجواب ان ك = ك)
 من القانون $و = ح ك ر$ بالارطال بفرض ان وحدة الحجم للمادة المعتبرة وحدة وزن ١٦ رطلا (*)
 (٢٥) اذا كانت كثافة الماء المقطر وحدة الكثافات وان القدم في الثانية الواحدة وحدة السرعة فما تكون
 وحدتا المسافة والزمن بحيث يستخرج من القانون $و = ح ك ر$ مقدار الضغط بالأوقيات
 (٢٦) اذا كانت اليارده وحدة الطول فما تكون وحدة الزمن بحيث يستخرج من القانون $و = ح ك ر$ مقدار
 الضغط بالارطال من بعد معلومية أن ثقل وحدة الحجم للمادة المعتبرة وحدة ١٠٠٠ رطل
 (٢٧) كرة نصف قطرها ٦ بوصات موضوعة في قاع جردل مملوء بالماء عمقه قدمان والمطلوب تعيين المقدار
 الرقي للضغط على سطحها من بعد معلومية أن القدم وحدة الطول وكثافة الماء وحدة الكثافات وربع الثانية
 وحدة الزمن
 (٢٨) جسم منشوري ثلاثي صمت زوايا ميل أوجهه على بعضها بعضا ١٢٠° مغمور بتمامه في الماء بحيث تكون
 أحره افقية وكانت $و = ح ك ر$ الضغوط على الأوجه الثلاثة المقابلة على التناظر للزوايا ١٢٠°
 والمطلوب البرهان على أن المقدار

$$و قتا + ك قتاب + ر قتاح$$

- يكون ثابتا مادام عمق مركز ثقل المنشور المذكور ثابتا
 (٢٩) اثناء مكعب الشكل موضوع على مستوى افق وأحد أوجهه الرأسية مطلق وقابل للتحرك حول مفصل في القاع
 وصب فيه جزء من سائل حجمه مساو ربع حجم المكعب المفروض وأخذ الوجه المطلق المذكور وضعنا مانلا
 على الافق بزاوية قدرها $و$ والمطلوب المقارنة بين ثقل الوجه المذكور وبين ثقل السائل في الأثناء
 المفروض

- (٣٠) صندوق مكعب الشكل مملوء بالماء ومغطى بغطاء محكم ثقيل مثبت بمفصلات ناعمة في احدى الأحره

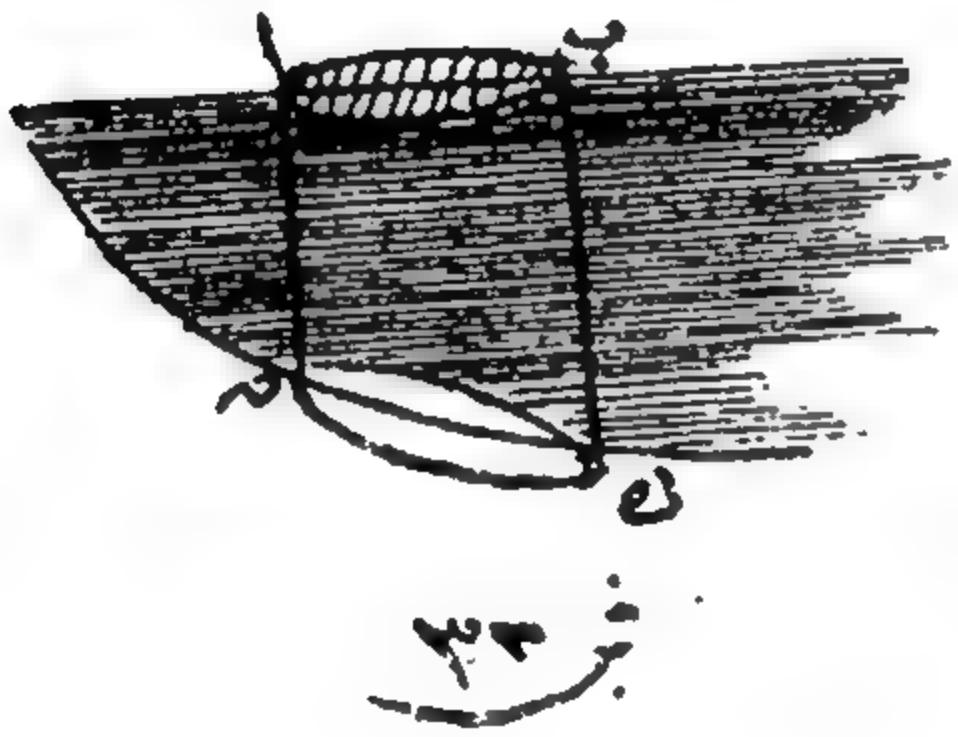
(*) $\frac{١٦ \times ١٦}{١٦} = ١$ أو $\frac{١٦ \times ١٦}{١٦} = ١$ ثقل $\frac{١٦}{١٦}$
 وعليه يكون $\frac{١٦}{١٦} = ١$ ومنها $١٦ = ح$ أو $\frac{٣٤}{١٦} = ٢$ قدر

والمطلوب المقارنة بين ظلال الزوايا التي يلزم تمثيل الصندوق المذكور إليها بتحرك حول الأحرف المختلفة للقاعدة حتى يبتدى انصباب الماء منه

(٣١) كوبة اسطوانية محتوية على ماء كملت بشراب وبعد زمن شوهذ أن نصف الشراب المذكور قد عامر على السطح ونصف الماء بقي صافيا في القاع ونصف الكوبة المذكورة مشغول بشراب وماء ممزوجين مزجيا تاما والانسج المشتركة كانت مستويات افقية وكان ثقل الشراب $\frac{1}{2}$ ثقل الماء وكثافتهما بنسبة « ١٢ الى ١٠ فالبرهان على أنه في هذا الوضع يكون الضغط الكلي الواقع من الماء الصافي على السطح المحذب للكوبة المذكورة مساويا للضغط الكلي للمائع الباقي في تلك الكوبة

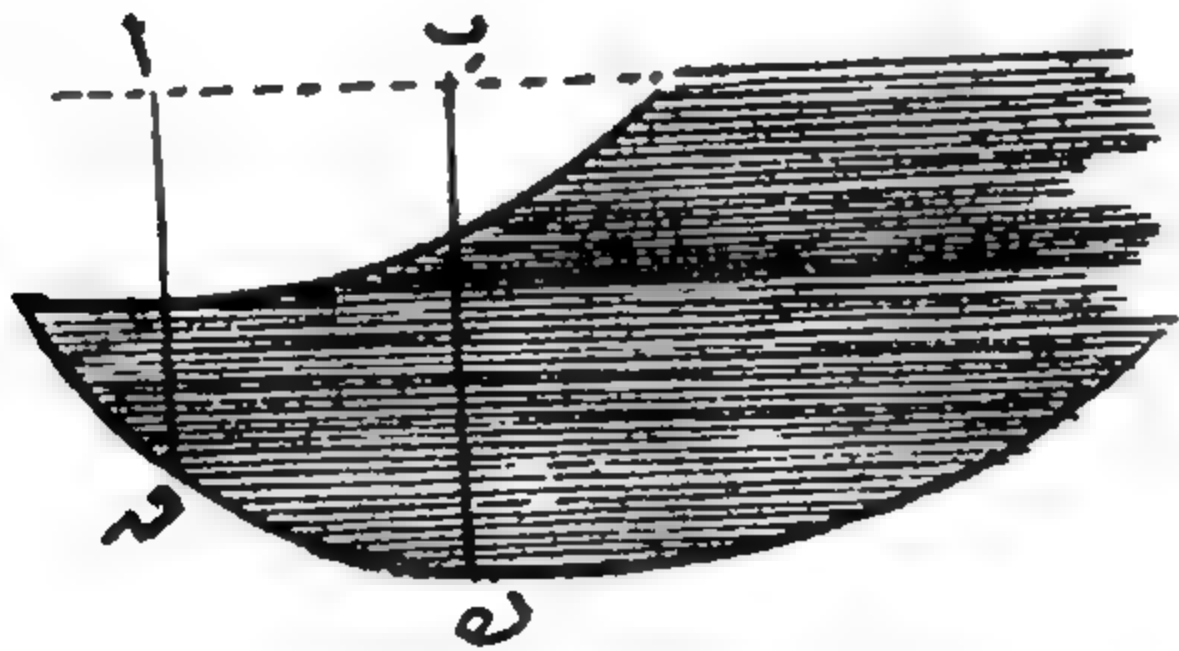
الباب الرابع

محصلة الضغوط الرأسية والافقية على سطح ما محصلة الضغوط على جسم مغور
الاجمل طريقة خلع الموازيق الخشب استدانة القوازن مركز التمايل
القبة الطيارة شروط توازن جسم عائم
الأجسام العائمة في الهواء

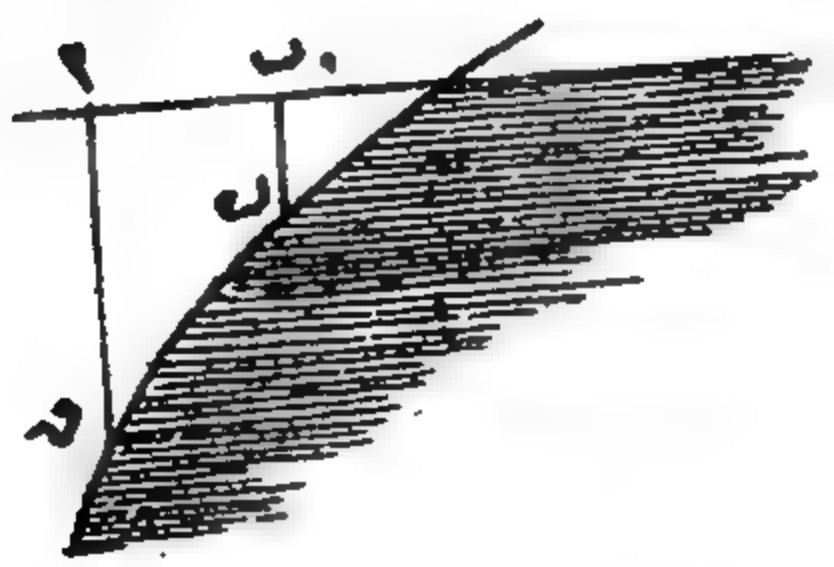


ساعد قضية - لايجاد محصلة الضغوط الرأسية لمائع على سطح ما
نقترض أن د ك شكل ٣٢ جزء من سطح ملاس لمائع ساكن ونرسم من نقط محيط
د ك المذكور خطوطا رأسية عمودية على السطح ا ب فتكون تلك الخطوط حاصرة
لاسطوانة من المائع المفروض

وحيث أن الضغط الواقع من المائع المحيط بالاسطوانة المذكورة على سطحها افقي
فيكون بداهة ثقل المائع المحصور في تلك الاسطوانة محمول بمقاومة السطح د ك السالف الذكر
وجبتذ يلزم أن تكون المركبة الرأسية لتلك المقاومة مساوية ثقل اسطوانة المائع ا ب ك د
وبناء على ما تقدم في الباب السابق يكون ما ذكرناه صحيحا سواء كانت المخني ا ب حقيقة موجودة في سطح المائع أو
في المستوى الافقي المار بأعلى نقطة من نقط المائع المذكور كما هو موضح في شكل ٣٣ وعلى هذا فتكون محصلة الضغوط
الرأسية عبارة عن ثقل المائع المرتفع اعلا السطح المفروض



شكل ٣٣



شكل ٣٤

الرأسية

ساعد وهناك حالتان أخريان يقتضى معرفتهما هما
الاولى أن المائع يمكن أن يضغط من أسفل إلى أعلى ففي هذه الحالة
إذا فرض أن ا ب شكل ٣٤ هو المخني المتكون من الخطوط الرأسية
المرسومة من نقط المخني د ك كما تقدم وتصورنا أن المائع المحصور
داخل تلك الرأسيات قد حذف وأن خارج د ك يكون متأثر بضغط
المائع الذي سطحه ا ب فيرى أن الضغط على أي نقطة من نقط د ك
يكون مقداره كما وجد سابقا وإنما في جهة عكسية ومحصلة الضغوط

الرأسيّة يكون مقدارها حينئذ مثل ما تقدم وإنما يكون فقط من أسفل إلى أعلى وبناء على البند السابق تكون مساوية لثقل ab $هـ$

وعلى ذلك تكون محصلة الضغوط الرأسية الواقعة على $هـ$ $ك$ والموجهة إلى أعلى مساوية لثقل المائع المرتفع أعلى $هـ$ $ك$ كما تقدم أعني تكون مساوية لثقل المائع المحصور بين $هـ$ $ك$ وبين سطح المائع الثانية أن يكون الضغط واقعا جزؤه منه إلى أعلى وجزؤه منه إلى أسفل كالضغط الواقع على $هـ$ $ك$ شكل ٣٥



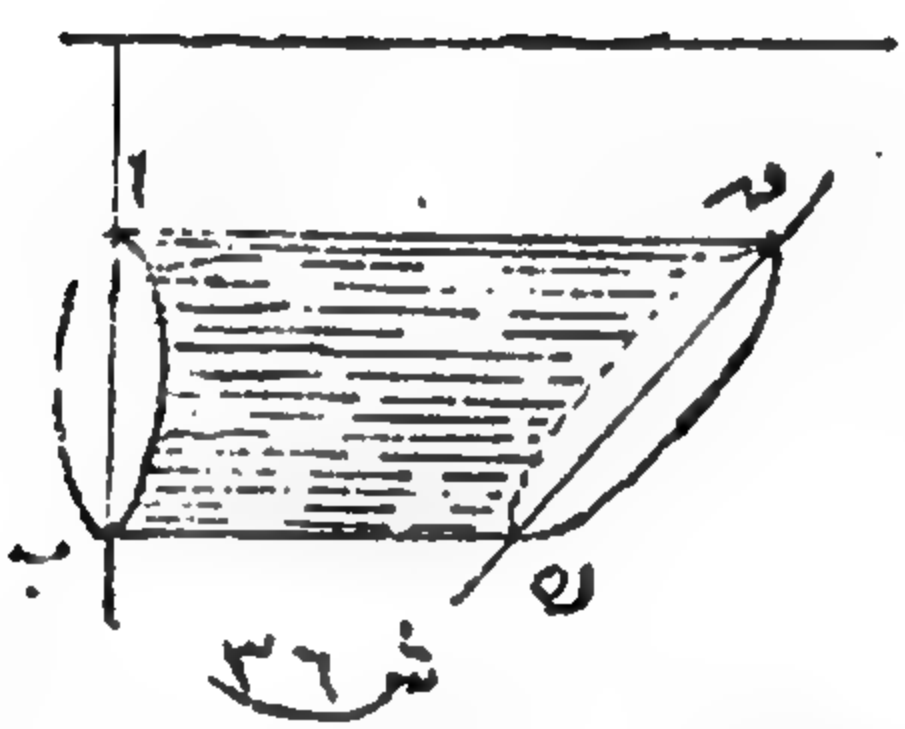
ففي هذه الحالة نرسم الرأسى $هـ$ $ك$ ونبحث عن الضغطين الواقعين على $هـ$ $ك$ $ر$ $هـ$ على حدهما

وحينئذ قياسا على ما تقدم فالضغط الرأسى الواقع على $هـ$ $ك$ يكون من أعلى إلى أسفل ومساويا لثقل المائع المحصور بين السطح المفروض وبين السطح الرأسى $هـ$ $ك$ والفرق بين هذا المقدار وبين الضغط الرأسى الواقع على $هـ$ $ك$ من أسفل إلى أعلى يكون هو محصلة الضغوط الرأسية الواقعة على السطح $هـ$ $ك$

وفي جميع الأحوال فإن اتجاه تأثير محصلة الضغوط الرأسية يكون هو الرأسى المار بمركز ثقل المائع المرتفع أعلا السطح المفروض

٣٥ قضية - لإيجاد محصلة الضغوط الأفقية للمائع على سطح ما في اتجاه معلوم

نأخذ مستويا رأسيا ثابتا عموديا على الاتجاه المعلوم شكل ٣٦ ونرسم خطوطا



أفقية من نقط محيط السطح $هـ$ $ك$ فتقابل المستوى الرأسى المذكور في المنحنى

ab وحينئذ إذا اعتبرنا المائع المحصور كجسم صلب فيكون متزنا بثقله

وبضغوط المائع على سطحه المحدب التى تكون جميعها موازية للمستوى الرأسى

السابق وبالضغوط الواقعة على السطحين ab $هـ$ $ك$

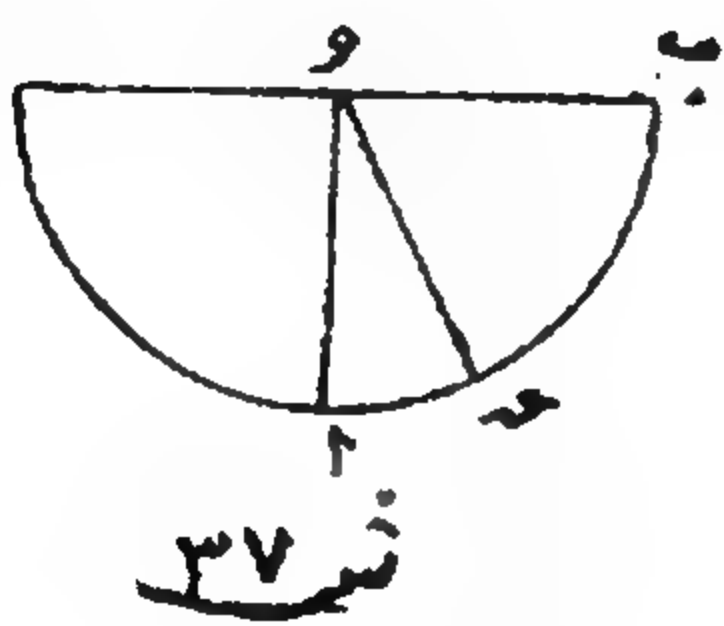
وعلى ذلك فلنر أن تكون المركبة الأفقية لمقاومة السطح $هـ$ $ك$ مساوية للضغط الواقع على ab الذى يمكن

إيجاده بموجب ما تقدم والذى اتجاه تأثيره هو لخط الأفقى المار بمركز الضغط الواقع على ab

٣٦ ويمكن الآن تعيين محصلة ضغوط المائع الواقعة على سطح ما مقدارا واتجاها

لأنه يمكن إيجاد الضغوط الرأسية والأفقية على حدهما ثم تعيين مقدار واتجاه المحصلة بناء على قواعد علم

الاستاتيكا



المثال الأول - أنية على شكل نصف اسطوانة مفتوحة قاعدتها رأسيتان مملوءة بالماء

شكل ٣٧ والمطلوب إيجاد محصلة الضغوط على كل من الجزئين المنقسمين إليها تلك

الانية بمستوى رأسى مار بمحور الاسطوانة المذكورة

لذلك نفرض أن $هـ$ $ر$ من أطول الاسطوانة $هـ$ $ر$ ومن نصف قطرها ونختار أن الشكل قطاع رأسى مار بنقطة

منتصف الطول و

فتكون محصلة الضغوط الرأسية الواقعة على ab مساوية الى

ثقل المائع $ab = \theta \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$

بفرض ان θ ثقل الوحدة الحجمية

ومحصلة الضغوط الأفقية الواقعة على ab تساوي للضغط الواقع على القطاع الرأسى الجوى على مستوى الشكل

اعنى تساوى للضغط الواقع على مستطيل ضلعا ab و 1

يساوى $\theta \times 1 = \frac{1}{2} \times \theta \times 1 = \frac{1}{2} \theta$

وبناء عليه فتخرج زاوية ϵ التي يميل بها اتجاه محصلة الضغوط على الافق من المعادلة الآتية وهى

$$\tan \epsilon = \frac{\frac{1}{2} \theta}{\frac{1}{2} \theta} = 1$$

وحيث أن الضغط على أى نقطة يكون متوثرًا فى اتجاه مار بجور الاسطوانة فمحصلة الضغوط تمر بنقطة و

وحيث إذا كانت زاوية θ و θ هي الزاوية التي ظلها يساوى $\frac{1}{2} \theta$ فنقطة θ تكون مركز الضغوط الواقعة

على السطح المنحنى

المثال الثانى - مخروط مجوف مملوء بالماء رأسه اسفل شكل ٣٨ والمطلوب تعيين محصلة الضغوط على

كل من الجزئين المقسم اليها المخروط المذكور بمستوى رأسى مار بمجموع

ذلك نفرض أن θ نصف قطر القاعدة ac و θ هي الزاوية الرأس فيكون

$$\text{الحجم} = \frac{1}{3} \times \theta^2 \times 1$$

وتكون محصلة الضغوط الرأسية على الجزء ac و θ ثقل السائل $\frac{1}{2} \times \theta^2 \times 1$

بفرض ان θ ثقل وحدة الحجم

ومحصلة الضغوط الأفقية = الضغط على المثلث ac و

$$= \theta \times 1 \times \frac{1}{2} \times \theta = \frac{1}{2} \theta^2$$

$$= \frac{1}{3} \theta \times \theta^2 = \frac{1}{3} \theta^3$$

وعليه فمحصلة الضغوط = $\frac{1}{3} \theta^3$ و $\theta^2 \times 1 = \frac{1}{3} \theta^3 + \frac{1}{2} \theta^2$

وإذا فرضنا ميل محصلة الضغوط على الافق بحرف ϵ يكون

$$\tan \epsilon = \frac{\frac{1}{3} \theta^3}{\frac{1}{2} \theta^2} = \frac{2}{3} \theta$$

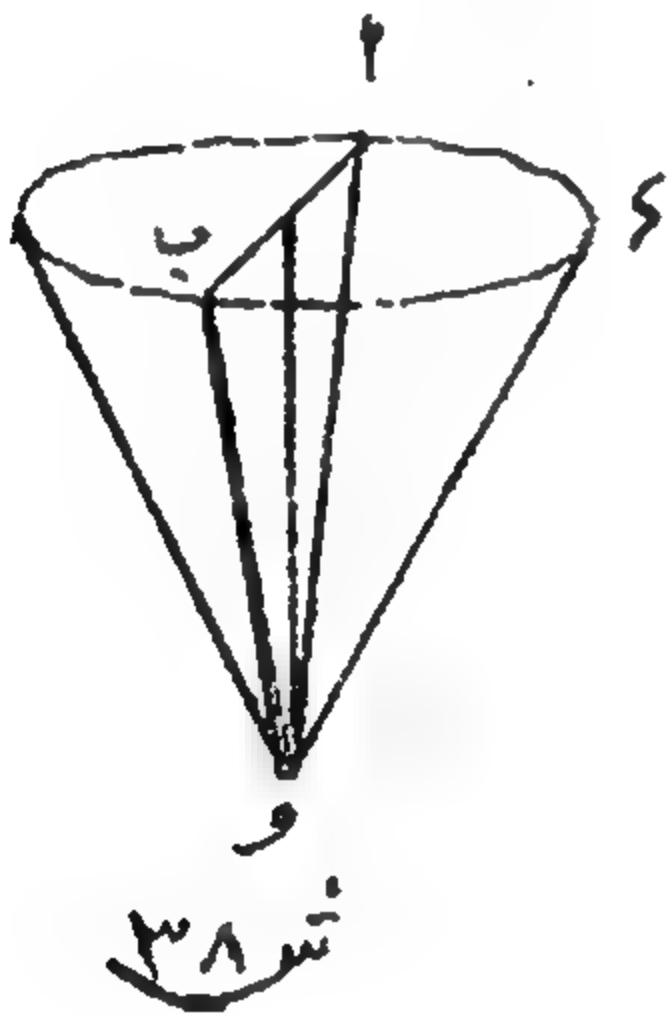
وفي الغالب يكون تعيين اتجاه المحصلة المذكورة بواسطة حساب التكامل وانما في المثال الاول امكن معرفة

الاتجاه المذكور مباشرة وفي بعض الاحيان يمكن تعيينه بطرق هندسية مخصوصية

فاتجاه المحصلة في هذه الحالة الأخيرة سيتعين في ملحقات هذا الكتاب بطريقة مخصوصة كما ذكر

سعد إيجاد محصلة الضغوط للمائع على جسم اما مغمر بتمامه واما جزء منه فقط

نقصد ان الجسم قد حذفت والحل الذي كان شاغله ملئ بالمائع وان هذا المائع قد يحدد



فيري بدهة أن محصلة الضغوط على هذا المائع المتحد تكون غير محصلة الضغوط على الجسم الأصلي وثقل المائع المذكور يكون محمولا بتمامه بضغط المائع المحيط به. وحينئذ تكون محصلة الضغوط مساوية لثقل المائع المعوض ومؤثرة رأسيا من أسفل إلى أعلا في اتجاه ما يتركز الثقل وقد يعبّر عن ذلك بعبارة أخرى بأن يقال أن الجسم المغمور في مائع يفقد من ثقله كمية بقدر ثقل المائع الذي يحذف هذا الجسم من المائع المذكور مع ملاحظة أن ذلك ينطبق بالتام على حالة انفجار جسم في سائل مرئي.

٣٦ إيجاد شروط توازن جسم عائم حيث علم من البند السابق أن محصلة الضغوط تكون مساوية لثقل المائع المعوض وكان الجسم محمولا بتمامه بالمائع فلنر أن يكون ثقل المائع المحذوف مساويا لثقل الجسم العائم المذكور ومركز ثقل كل منهما يكونان على خط رأسى واحد.

وهذه الشروط تكون سارية أيضا على حالة ما إذا كان الجزء المغمور من الجسم العائم مغمور في مائعين أو أكثر. وجميع الأحوال المماثلة لذلك يسرى عليها ما تقر.

٣٧ إذا عار جسم متجانس في مائع فإنه يكون نسبة حجمه إلى الحجم المغمور فيه كالنسبة العكسية للثقلين النوعيين للجسم والمائع المذكورين.

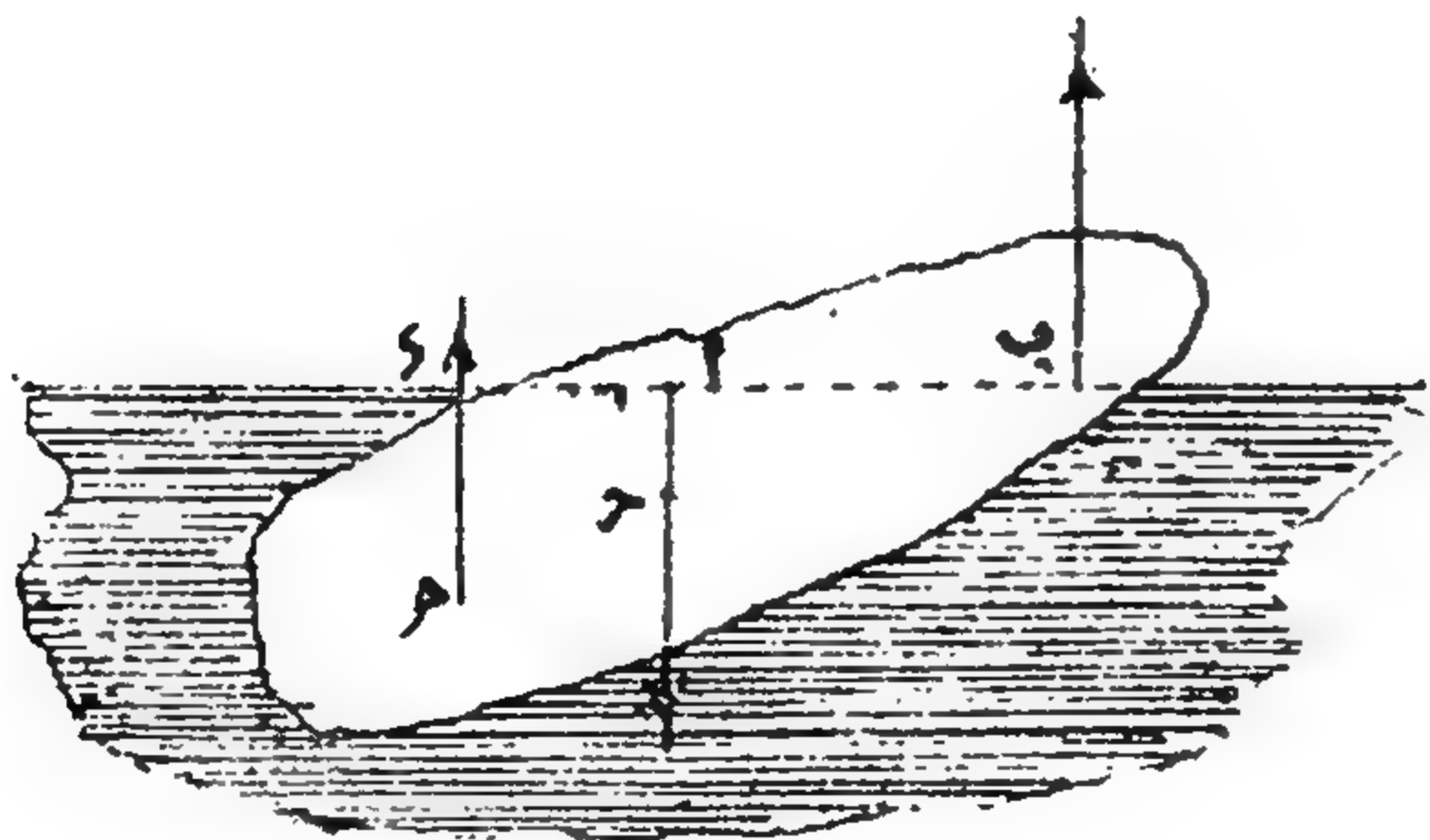
فمثلا إذا كان ح ، ح' هما الحجمان ، ث ، ث' هما الثقلان النوعيان فإنه يكون

$$ج \cdot ث = ثقل الجسم = ثقل المائع المحذوف = ح' \cdot ث'$$

وحيث أن يكون

$$ح : ح' :: ث : ث'$$

٣٨ إيجاد شروط توازن جسم عائم ومحول جزئيا بحيث فأولا نفرض أن الجسم متجانس ومغمور بتمامه. فحينئذ مركزا ثقل الجسم والمائع المحذوف يكونان منطبقين على بعضهما بعضا واتجاه المحيط يكون رأسيا وما يتركز الثقل وتكون شدة المحيط مساوية إلى ثقل الجسم ناقصا الثقل المفقود = ح (ث - ث') نفرض أن ث ، ث' هما الثقلان النوعيان للجسم والمائع.



ش ٣٩

وثانيا نفرض أن الجسم متجانس ومغمور جزئيا منه فقط. شكل ٣٩ فنفرض أن ح هو حجم الجزء المغمور ، ه مركز ثقله ، ح' مركز ثقل الجسم بتمامه ونرسم مستقيين رأسيين من ه ، ح حتى يقابلا في السطح في نقطتي ١ ، ٢ ونفرض أن اتجاه المحيط يقابل السطح في نقطة ب.

وحيث أن إذا كان ش رمزاً لشدة المحيط تكون الثلاثة قوى ش ، ح ، ح' في الموترية في ١ ، ٢ ، ٣

متزنة معا ويكون

$$\begin{aligned} \text{ح ث} &= \text{ش} + \text{ح ث} \\ \text{ح ث} \times ١٢ &= \text{ح ث} \times ٥٥ \end{aligned}$$

فاللمادلة الثانية تدل على شروط التوازن وأما الأولى فيتعين منها شدة الحيز
وأما الحالة التي فيها جزء من جسم غير متجانس محمول بحيط فإنه يمكن تركها للتدريج
سعد الجمل - هو جهاز مستعمل لنقل السفن بين مائين وهو يتكبد من أربعة صناديق أو أكثر لا ينفذ
منها الماء تملأ بالماء وتوضع بالتقابل في جانبي السفينة المفروضة وتربط بها أو تربط بعضها مع بعض
برأسية سلاسل مارة أسفل قريئة السفينة المذكورة فاذا خرج الماء بعد ذلك من تلك الصناديق
ترتفع السفينة ويمكن نظرها حينئذ من الماء التي هي فيه إلى الماء العميق الآخر ويلاحظ ان القوة الرافعة
للجمل إلى أعلا تكون مساوية إلى ثقل الماء المحذوف بالصناديق ناقصا منه الثقل الكلي لجسم الجهاز
سعد طريقة خلع الخوازيق الخشب - يحتاج في بعض الأحيان إلى خلع خوازيق مفروسة في المياه
العميقة كالحوازيق المستعملة لمنع دخول المياه مدة بناء الأحرار مثلاً
فبعد دخول المياه في المسافة المحاطة بالخوازيق تقطع تلك الخوازيق لارتفاع مناسب ويصير تعويم
زوارق مملوءة بالماء أعلاها ثم تربط الخوازيق بالزوارق المذكورة بجنازير وبعد ذلك تنزع المياه منها
بالطلمبات فتبني أثناء النزح ترتفع تلك الزوارق وتجذب معها الخوازيق بقوة
فاذا كان هذا العمل جارياً في بحر يحصل على فائدة عظيمة بربط الخوازيق مع الزوارق في مدة لجذر وارتفاع
المياه في مدة المدة يمكن أحياناً جذب الخوازيق المذكورة
وتستعمل فرق إضافية إذا لزم الحال تنزع المياه من الزوارق

سعد ولنوضح القضايا المتقدمة بتطبيقها على بعض الأحوال الخصوصية فنقول -

المثال الأول - رجل ثقله ١٥٠ رطل وثقله النعوى ١٠٠ عام في ماء بواسطة قطعة من الفلين ثقلها
النوعى ٤٠ ر بحيث أن أعلى نقطة في كل من الفلين وجسم الرجل المذكور في استواء الماء واز الثقل
النوعى للماء مساو للوحدة والمطلوب تعيين حجم الفلين بالاقدام المكعبة
لذلك نفرض ان ح ح ح هما حجم الفلين والرجل بالاقدام المكعبة فيكون

$$\text{ح} \times ٤٠ \text{ ر} + \text{ح} \times ١٠٠ = \text{ثقل الماء المحذوف} = \text{ح} + \text{ح} \quad \text{أو} \quad \text{ح} \times ١٤٠ = \text{ح} + \text{ح} \times ١٠٠$$

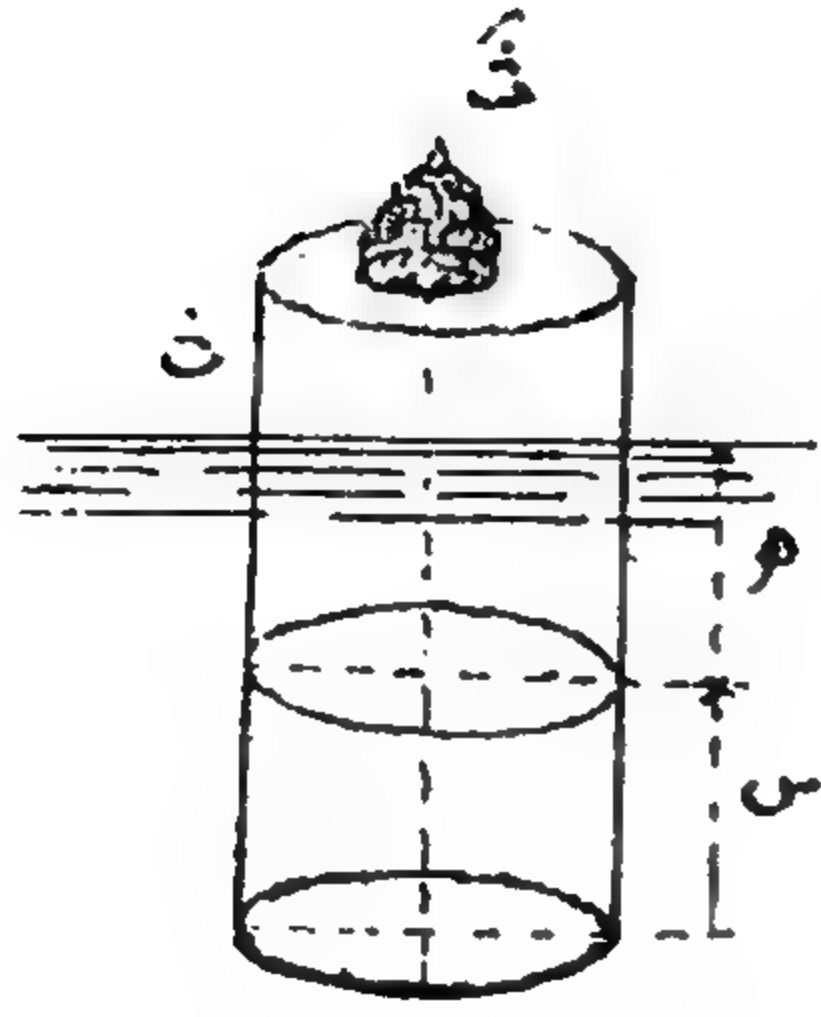
$$\text{رمكن} \quad \text{ح} \times ١٠٠ = \text{ثقل الرجل} = ١٥٠ \text{ رطل}$$

$$\text{حينئذ يكون} \quad \text{ح} = \frac{٤٠}{١٤٠} = \frac{٢}{٧} \quad \text{ح} = \frac{١٠٠}{١٤٠} = \frac{٥}{٧} \quad \text{قدم مكعب}$$

المثال الثاني - قطعة اسطوانية من الخشب محورها رأسى عائمة في الماء والمطلوب تعيين مقدار انغمارها
بوضع ثقل معلوم على سطحها العلوى

لذلك نفرض ان θ هو الثقل الذي يوضع على الاسطوانة وحينئذ فتغير الاسطوانة للحد الذي فيه يكون

ثقل



ثقل الماء المحذوف بزيادة الانتفاخ مساويا الى ث
واذا كان ث هو ثقل الاسطوانة فيكون هو ايضا ثقل الماء المحذوف بالاسطوانة
وعليه فاذا كان ه هو الاغواط الاصل لقاعدة الاسطوانة س هو مقدار
الانتفاخ يكون

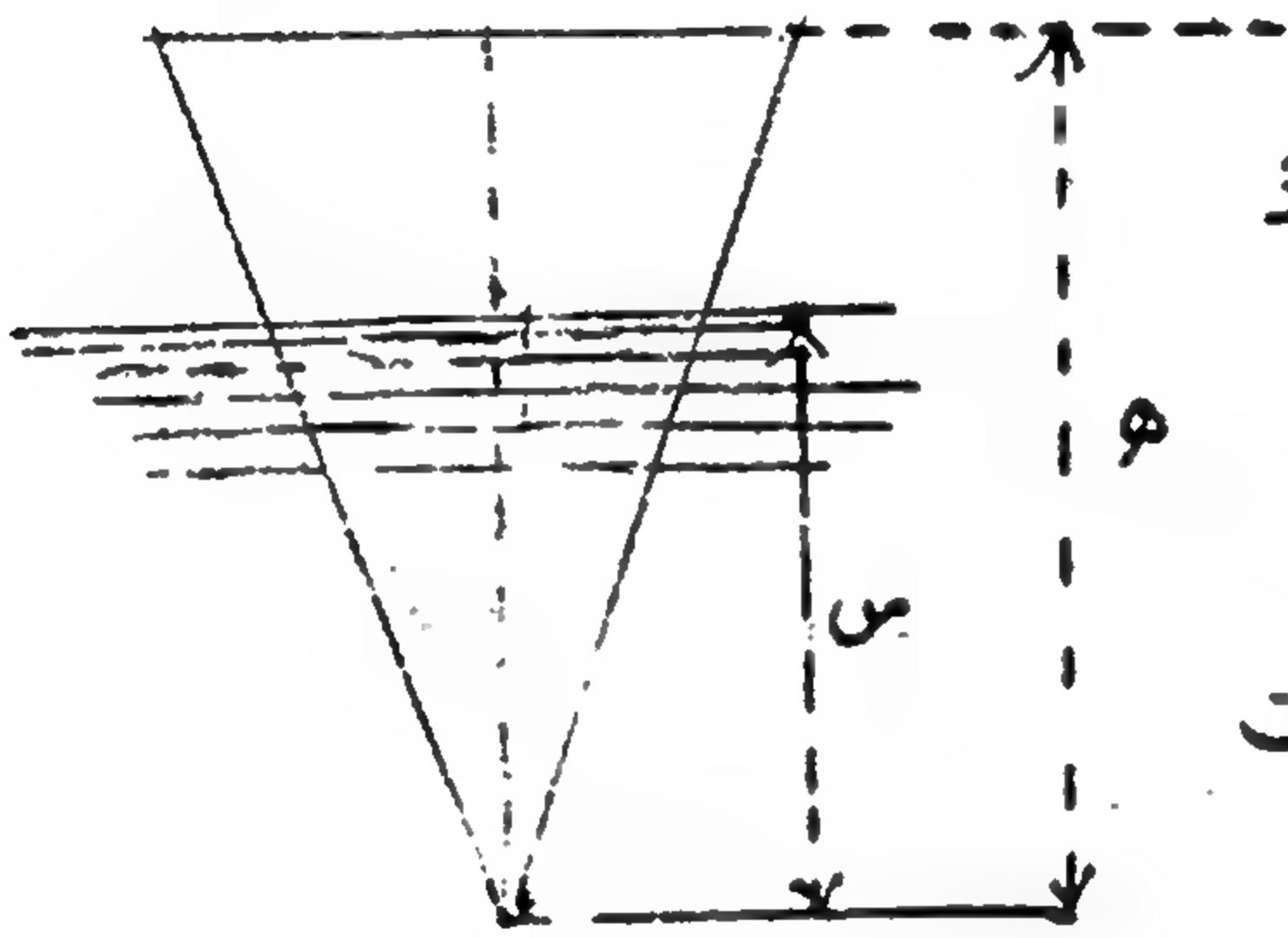
$$\text{ث} : \text{ث} :: \text{س} : \text{ه}$$

ومنه يحدث

$$\text{س} = \frac{\text{ث}}{\text{ه}}$$

فاذا كان مقدار س اكبر من الارتفاع الاصل للاسطوانة عن سطح الماء فتغمر بتامها وحصول التوازن
يكون متعلقا حينئذ بكثافة ث

المثال الثالث - صفحة على شكل مثلث متساوي الساقين قاعدتها افقية عائمة في الماء والمطلوب تعيين وضع
التوازن حينئذ تكون القاعدة المذكورة اعلى السطح



لذلك نفرض ان ك ه كثافتا الصفحة والماء وان ه هو ارتفاع المثلث
س هو الاغواط الجزء المنور وحينئذ يكون

$$\text{ك} \times \text{جم الصفحة} = \text{ه} \times \text{جم الماء المحذوف}$$

وحيث ان المثلثات المتشابهة مناسبة لمربعات الاضلاع المتناظرة يكون

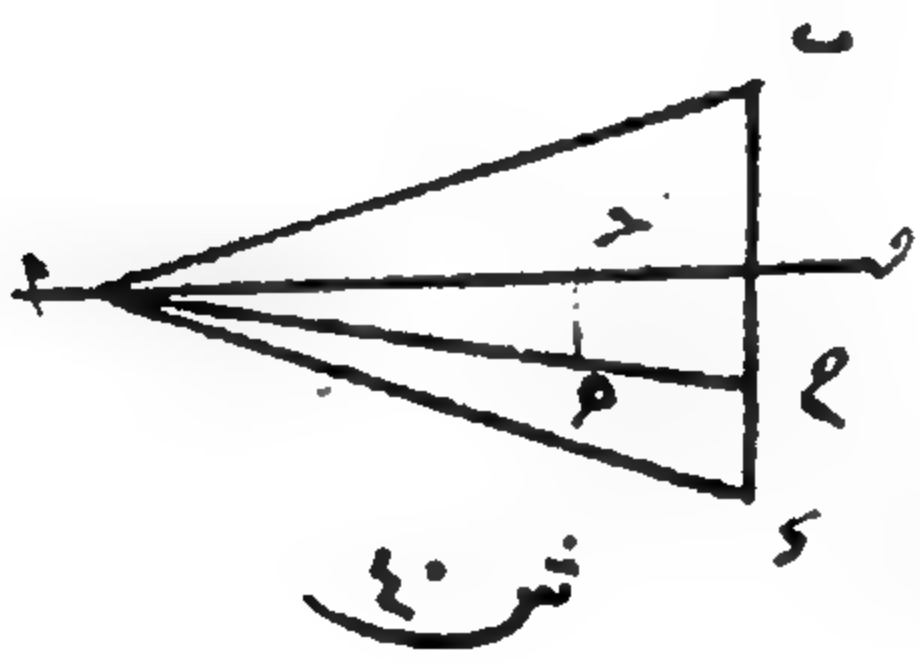
$$\text{ك} \text{ ه} = \text{ه} \text{ س} \quad \text{ومنه يحدث}$$

$$\text{س} = \frac{\text{ه}^2}{\text{ك}}$$

وهذا الشرط الأخير يتحقق في هذا المثال وفي المثال السابق

المثال الرابع - هل يمكن ان تغمر الصفحة المثلثية المتساوية الساقين شكل في مائع كثافة ضعف
كثافتها بحيث تكون قاعدتها رأسية

لذلك يقال الشرط الأول ان يكون نصف المثلث مغورا وعليه فتكون
رأسه في السطح

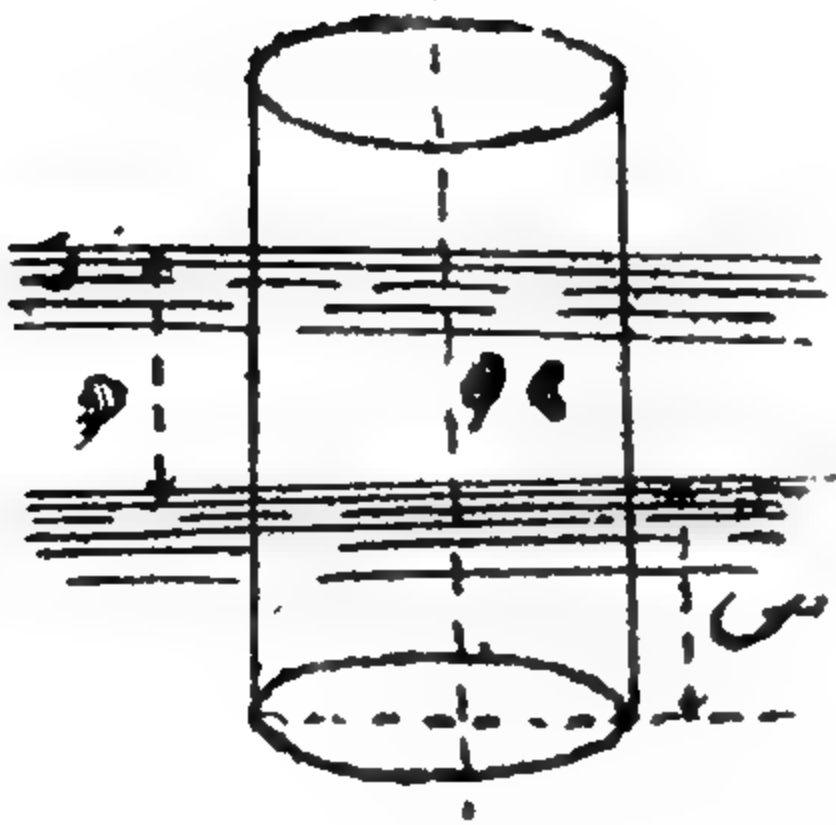


وايضا اذا كان ح ه ه مركز الثقل يكون ا ح = ح ه او ا ه = ه ح
مع ملاحظة ان نقطة ح هي منتصف الخط و ه ويكون

$$\text{ا ح} : \text{ا ه} :: \text{ا و} : \text{ا ح}$$

وعليه فيكون ح ه موازيا الى و ح وحينئذ يكون رأسيا وكلا الشرطين محقق

المثال الخامس - اسطوانة عائمة محورها رأسي مغورة جزئيا في مائعين وكثافتا العلوي والسفلي هما على
التناظر ك ه ك وكثافتا الاسطوانة ه والمطلوب تعيين وضع توازن الاسطوانة المذكورة
حينئذ يكون ارتفاعها ضمت عمق المائع العلوي



لذلك نفرض ان س هو الارتفاع المنغور في المائع السفلى وان م مساحة كل من القاعدتين هـ هـ هو الارتفاع الكلي للاسطوانة فينثذ يكون

$$\frac{هـ}{س} \times م = هـ هـ + هـ م هـ \quad \text{أو}$$

$$س = \frac{هـ}{هـ} = ١$$

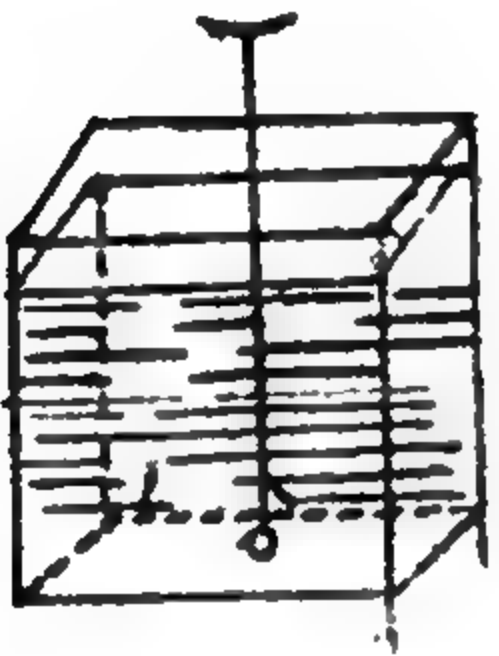
فاذا كانت الاسطوانة مغمورة بحيث ان قاعدتها العليا تكون في سطح المائع فكأنها لا تستخرج من المعادلة الآتية

$$هـ هـ = هـ هـ + هـ م هـ \quad \text{أو}$$

$$هـ = \frac{هـ م هـ}{هـ}$$

ويكون س مساويا حينئذ الى هـ

المثال السادس - صندوق مكعب الشكل حجمه قدم مكعب ملي ثلاثة ارباعه بالماء وعلق داخله بواسطة خيط كرة من الرصاص حجمها ٧٤ بوصة مكعبة والمطلوب تعيين زيادة الضغط على القاعدة وعلى أحد أوجه المكعب المفروض



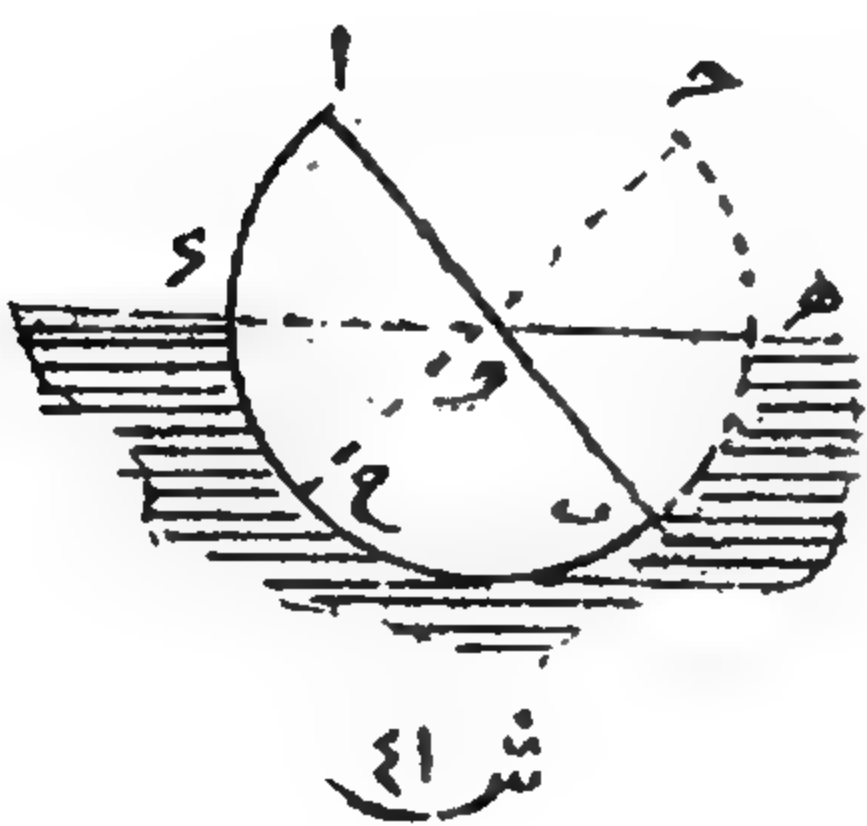
لذلك يقال ان انقار كرة الرصاص يرفع سطح المائع في بوصة لأن مساحة السطح

١٤٤ بوصة مربعة

والضغط على القاعدة حينئذ يزداد بقدر ثقل ٧٤ بوصة مكعبة من الماء أعني بقدر $\frac{٧٤}{١٧٢٨} \times ١٠٠٠$ أقيه أو $\frac{٤}{٣١}$ أقيه ومساحة الوجه الذي كان في الاصل ملاصقا للمائع كانت $\frac{٣}{٤}$ قدم مربع والضغط عليه كان $١٠٠٠ \times \frac{٣}{٤} \times \frac{٣}{٨}$ أقيه أو $\frac{١}{٢٨}$ أقيه لأن $\frac{٣}{٨}$ قدم هو انعطاف مركز الثقل عن السطح والمساحة الجديدة تكون $\frac{٣}{٤} + \frac{١}{٢٨} = \frac{١٩}{٢٨}$ قدم مربع

وحينئذ يكون الضغط الجديد $١٠٠٠ \times \frac{١٩}{٢٨} \times \frac{١٩}{٢٨}$ أقيه $= \frac{٥٣}{١٤٤} \times ٣١٣$ أقيه والزيادة تكون حينئذ ازيد بقليل عن ٣٤ أقيه

المثال السابع - اذا كان جسم على شكل نصف كرة متحركا حول مركز قاعدته المستوية المثبت في سطح المائع وكانت كثافة المائع ضعف كثافة الجسم فإنه يسكن في أى وضع كان



لأنه اذا كان للجسم في الوضع اءى مثلا شكلا وكان هـ سطح المائع وفرض تكمل الكرة الى سطح المائع هـ ونصورنا أن جزء المائع الموجود في و ب هـ قد تجدد وأنه مرتبط بنصف الكرة وسمت زاوية دوح مساوية الى زاوية هـ و ب بفرض ان الشكل قطاع رأسي مارا بالمركز و لنصف الكرة وعموديا على قاعدتها المستوية

فالضلع الكروي ح و ب يكون متزا من نفسه ثم بدون معلومية وضع مركز ثقل الضلع كروي ليسهل معرفة أن البعد الافقى من نقطة و الى مركز ثقل الضلع الكروي هـ و ب يكون مساويا للبعد الافقى لمركز ثقل الضلع

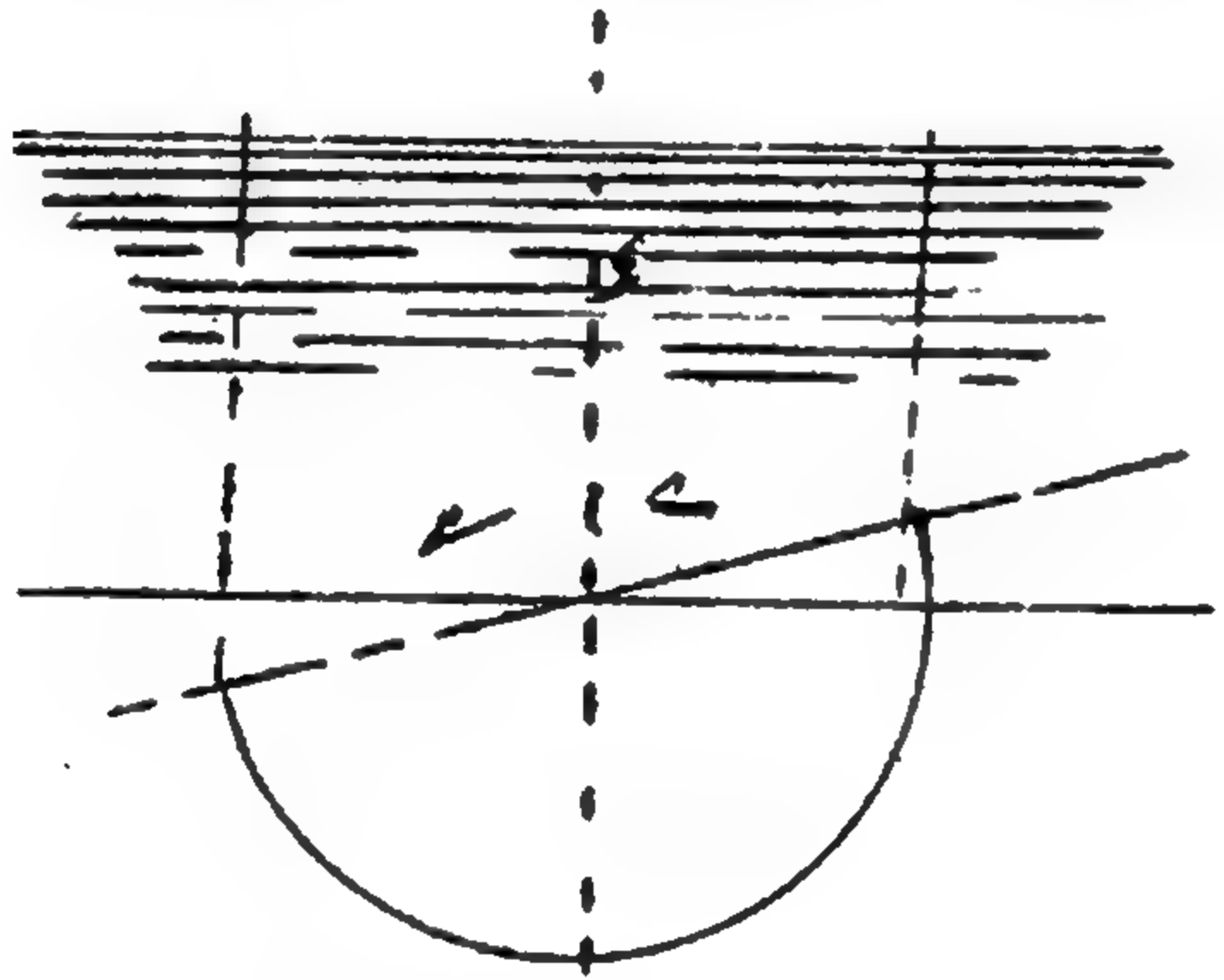
اوج عن نقطة و وعلى ذلك يكون عز مر ثقل هوب بالنسبة لنقطة و مساويا لعزم ثقل اوج بالنسبة لنقطة و المذكورة و زيادة على ذلك فان اتجاهات ضغوط السائل على السطح و د ه جميعها مارة بنقطة و وحينئذ اذا فرض أن السائل المجرد و د ه رجع الى أصله وترك نصف الكرة ا ح ب وشأنه فيبقى ساكنا

ونتيجة هذا المثال استعملت عمليا في لامبة الزيت المسماة لامبة (سييل) التي فيها سطح الزيت المفدى للفتيلة دائما ثابتا ففي الشكل يكون د ه ب عبارة عن اينة على شكل نصف كرة محتوية على الزيت ، ا د ب يكون عبارة عن نصف كرة ثقلها النوعي نصف الثقل النوعي للزيت فعند احتراق الزيت يتحرك ا د ب حول و ، و هو يكون دائما سطح الزيت

المثال الثامن - جسم على شكل نصف كرة غمر بتمامه في مائع كثافته ك وكان في وضع بحيث ان مركز قاعدة مخطط عن السطح بقدر د ومستوى قاعدته مائلا أيضا على الرأسى بزاوية ب و المطلوب تعيين محصلة الضغوط الافقية والرأسية الواقعة على السطح المحذب للجسم المفروض

لذلك نفرض أن ف ه هو نصف القطر فتكون محصلة الضغوط الرأسية على السطح الكلى للجسم مساوية الى ثقل المائع المحذوف = $\frac{4}{3}\pi \cdot ك \cdot ط \cdot نو^3$

وهذه المحصلة عبارة عن الفرق بين محصلة الضغوط الرأسية على السطح المحذب وبين محصلة الضغوط الرأسية الواقعة على القاعدة المستوية ولكن الضغط على القاعدة المستوية يساوى $ك \cdot ط \cdot نو^2$ و اتجاه مائل على



الافق بزاوية قدرها ب وعلى ذلك فتكون محصلة الضغوط الرأسية على القاعدة تساوى $ك \cdot ط \cdot نو^2$ و ح ط ه

وعلى ذلك اذا كانت القاعدة مائلة الى الأعلى فتكون محصلة الضغوط الرأسية على السطح المحذب مساوية الى

$$\frac{4}{3}\pi \cdot ك \cdot ط \cdot نو^3 - ك \cdot ط \cdot نو^2 \cdot ح ط ه$$

واذا كانت القاعدة مائلة الى الأسفل فيكون الضغط الرأسى على السطح المحذب مساويا الى

$$ك \cdot ط \cdot نو^2 \cdot ح ط ه - \frac{4}{3}\pi \cdot ك \cdot ط \cdot نو^3$$

وكذا الضغوط الافقية على السطح المحذب تساوى الضغوط الافقية على

$$القاعدة = ك \cdot ط \cdot نو^2 \cdot ح ط ه$$

وعلى ذلك تكون محصلة الضغوط الموزعة على السطح المحذب مساوية الى

$$ك \cdot ط \cdot نو^2 \cdot ح ط ه \pm \frac{4}{3}\pi \cdot ك \cdot ط \cdot نو^3 \text{ و ح ط ه } + \frac{4}{3}\pi \cdot ك \cdot ط \cdot نو^3$$

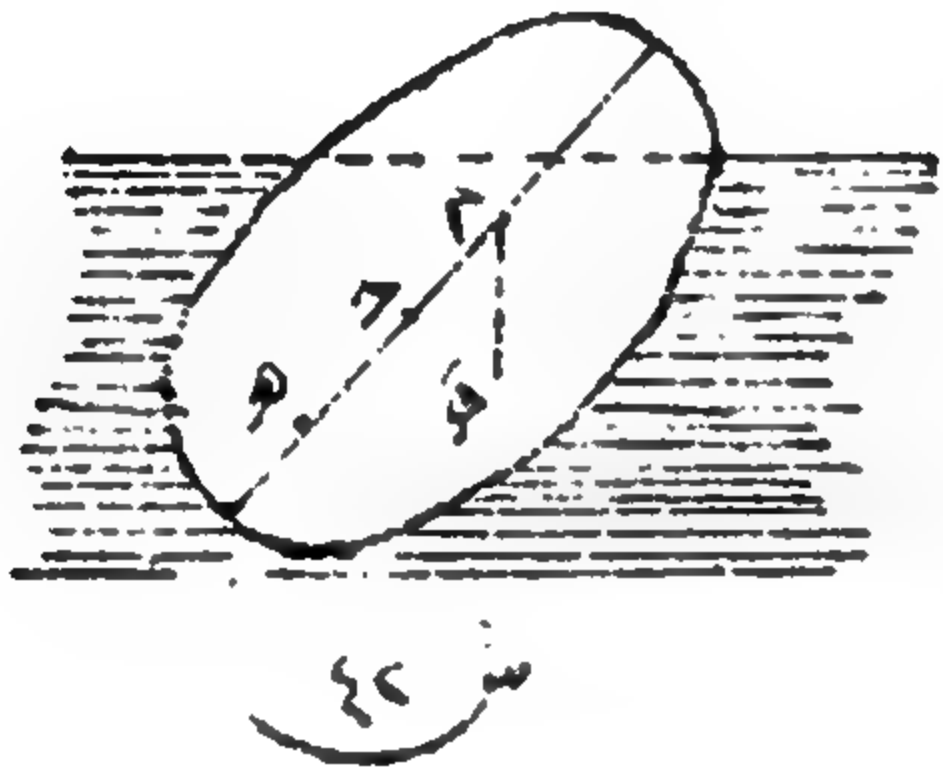
ويرى من ذلك ان الطريقة التي استعملت في هذا المثال يمكن تطبيقها على إيجاد محصلة الضغوط على سطح أى جسم

محدود بمساحة مسطحة وجميع الجسم المذكور معلوم أيضا

استدامة التوازن

٢٤٢ إذا تصورنا جسما عائما خرج من وضعه الذي كان متزنا فيه بدوران بحيث ان الخط الواصل بين مركز ثقله وبين مركز ثقل السائل المحذوف يكون مائلا على الخط الرأسى ورجع الجسم عند تركه ونفسه الى موضعه الاصلى فيقال لو وضع توازنه الاصلى وضع توازن مستديم وأما اذا لم يرجع له فيقال لذلك الوضع وضع توازن غير مستديم

٢٤٣ مركز التمايل - نفرض في شكل ٤٢ أن $هـ$ هـا مركزا ثقل الجسم والسائل المحذوف في الابتداء $هـ$ مركز ثقل السائل المحذوف في الوضع الجديد وان نقطة $م$ هي نقطة تقابل الرأسى المار بنقطة $هـ$ بالمستقيم $هـ هـ$



وحيث ان مقاومة السائل تؤثر رأسيا الى أعلى وإتجاه الخط $هـ م$ فيعبداهة انه اذا كانت نقطة $م$ اعلى نقطة $هـ$ فتأثير السائل يحدث رجوع الجسم الى وضعه الاصلى ولكن اذا وقعت نقطة $م$ اسفل $هـ$ فالتأثير يبعد الجسم المذكور عن وضعه الاصلى

وعلى العموم فوضع النقطة $م$ يتعلق بمقدار تغير وضع الجسم فاذا كان التغير المذكور قليلا جدا أعنى ان الزاوية الواقعة بين $هـ هـ$ وبين الخط الرأسى صغيرة جدا فالنقطة $م$ تسمى بمركز التمايل وأمر حالة ثبات التوازن يؤد الى تعيين النقطة المذكورة

٢٤٤ ومن اهم المسائل في العمارات البحرية ان تكون أوضاع مركز التمايل أعلى مركز الثقل في جميع الأحوال ويحصل على ذلك بجعل القطاع الرئيس للسفينة على شكل مناسب بحيث أنه يرفع مركز التمايل على قدر الامكان ووضع صابور كافي لانخفاض مركز ثقل السفينة وكلما كانت المسافة الكائنة بين النقطتين $هـ م$ المذكورتين كبيرة كلما قل التمايل واتزن سير السفينة

وزيادة على ذلك فإنه يجب على مهندس الانشآت البحرية ان يتبصر في احتمال زيادة تغير وضع السفينة الذي ربما ينشأ من تماوج السفينة وليس في الحركة الصغيرة التي يتيبرها في تعيين مركز التمايل فقط

٢٤٥ ويمكن إيجاد مركز التمايل في بعض احوال مخصوصة بطرق بسيطة وأما في الحالة العمومية فيلزم لتعيينه استعمال حساب التكامل

ففي الحالة الأتية يكون وضع مركز التمايل ظاهرا لأنه اذا فرض أن الجزء السفلى من الجسم على شكل قطعة كروية

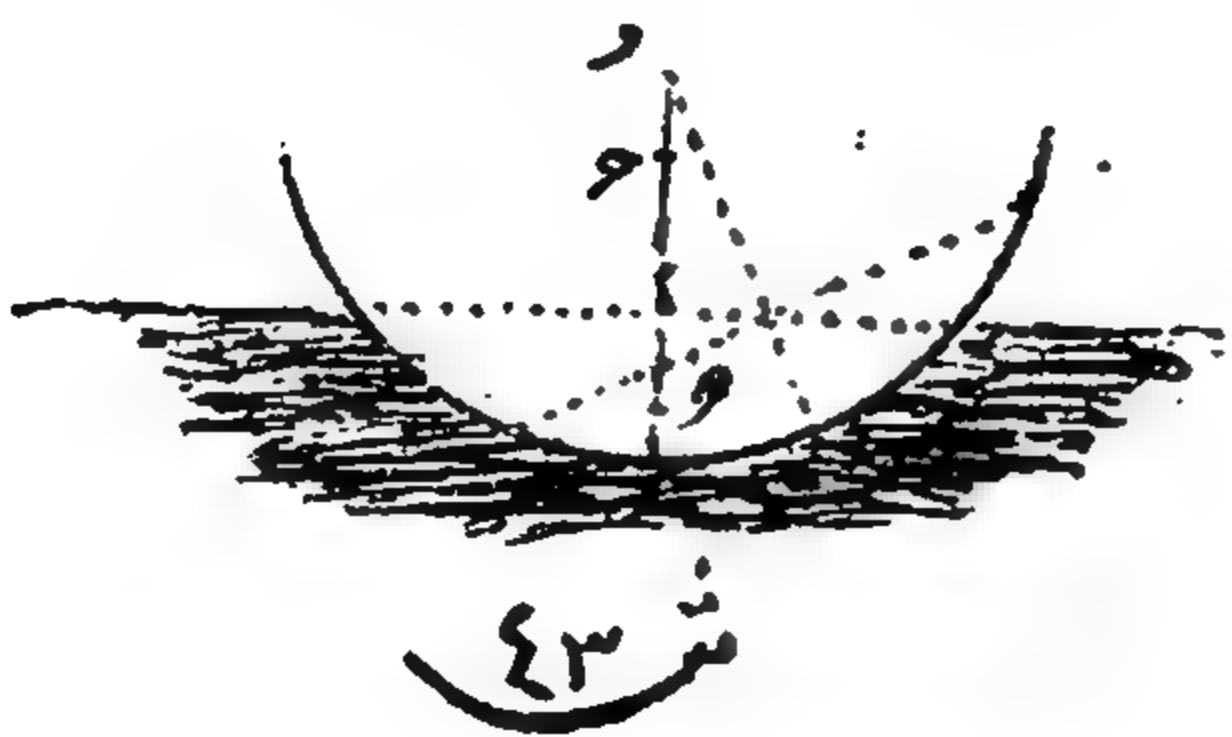
كما في شكل ٤٣ حيث ان شكل الجزء المغمور كروي فيكون إتجاه

منقوط الماء على كل نقطة من سطحه مارا بمركز الكرة وحيث أنه

لمحصول الضغوط تؤثر في إتجاه الخط الرأسى المار بمركز الكرة و

وحيث ان مركز ثقل المائع المحذوف موجود في الوضع الابتدائي

على الخط الرأسى المار بنقطة $و$ فمركز ثقل الجسم يكون موجودا على



لخط الرأسى المار بنقطة و أيضا وعلى ذلك نقطة و تكون هي مركز التمايل
وبناء عليه فإن أى جسم على شكل قطعة كروية يعوم بتوازن مستديم بانتماء جزء من سطحه المحدب في الماء
س٦٦ الأجسام العائمة في الهواء - حيث ان الهواء ثقيل يمكن ان تطبق على الأجسام العائمة فيه كليا أو جزئيا
قوانين التوازن التي تقررت للأجسام العائمة في الموائع
ففي إحدى الحالات مثلا إذا كان جسم أخف من الماء عائما على سطحه فإنه يحذف من كل من الماء والهواء كمية معلومة
وإذا نقل هذا الجسم من موضعه وفرض أن مكانه قد ملئ بالهواء والماء فمن الواضح ان ثقل الهواء والماء المحذوفين يكون
محمولا بمحصول الضغوط الرأسية للهواء والماء المحيطين به
وعلى ذلك يكون ثقل الجسم مساويا لثقل الهواء والماء المحذوفين وان مركز ثقل الهواء والماء المحذوفين يلزم أن
يكون على الخط الرأسى المار بمركز ثقل الجسم المفروض

وبمثل ذلك إذا كان الجسم عائما في الهواء فقط فإنه يكون ثقله مساويا لثقل الهواء المحذوف
س٦٧ القبة الطيارة - صعود القبة الطيارة في الهواء مؤسس على قاعدة البند المتقدم وأن القبة الطيارة
هي عبارة عن غلاف كبير من الحرير أو من مادة متينة خفيفة يملأ بغاز كثافة أقل من كثافة الهواء وقد يملأ عادة بغاز
الاستصباح ويربط به ذورق لجلوس الصاعدين به وحيث ان ثقل الهواء المحذوف يكون أعظم من الثقل الكلي للقبة
والذورق معا فالقبة ترتفع وتستم في الارتفاع الى الحد الذي فيه تكون كثافة الهواء المحيط بها غير كافية لحمل
ثقلها

ولأجل اهبط القبة المذكورة بفتح صمام بها لأخراج جزء من الغاز والقوة التي تصعد الطيارة تساوى ثقل
الهواء المحذوف ناقصا منه ثقل القبة الطيارة المذكورة

اختيار في الباب الرابع

(١) وضع كيفية إيجاد محصلة الضغوط الرأسية لما نفع على سطح ما حينما يؤثر من أسفل الى أعلاه وحينما يؤثر
من أعلى الى أسفل

(٢) طبق ما سبق على إيجاد محصلة الضغوط الواقعة على جسم صمت مغور بتمامه

(٣) إذا كان مخروط صمت معدني مغورا بتمامه في مائع ومحمولا بمحيط فامقدار شدة الحيط المذكور

(٤) ماهي شروط جسم عائم

(٥) إذا كان لوح من الخشب عائما في الماء ووضع ثقل معلوم على إحدى نهايتيه فامقدار الثقل الذي إذا وضع على

بعد معلوم من النهاية الثانية يجعل اللوح المذكور في الوضع الافقي

(٦) وضع طريقة خلع الفوازيق في المياه العميقة

(٧) أسطوانة عائمة رأسيا في سائل وثمانية اذمار من طولها أعلى السائل المذكور والمطلوب تعيين الطول الكلي

للأسطوانة المذكورة بفرض أن الثقل النوعي للسائل المفروض ثلاثة أمثال الثقل النوعي للأسطوانة المذكورة

(٨) جسم عائم بحيث ان $\frac{3}{4}$ حجمه مغور في سائل وفي حجمه مغور في سائل آخر والمطلوب مقارنة الشكليات

النوعين للسائلين المذكورين ببعضها بعضا

(٩) اسطوانة من الخشب طولها ثلاثة اقدار محورها رأسى عائمة في سائل ثقله النوعى ضعف ثقلها النوعى والمطلوب

سقارنة القوى اللازمة لرفعها بـ بوصات وحفظها بـ بوصات ببعضها بعضا

(١٠) ثلاث قضبان متساوية الطول مرتبط ببعضها بكونه لثلاث متساوى الاضلاع عائمة في مائع كثافته ضعف

كثافة القضبان المذكورة وكان احد القضبان افقيا وأعلى سطح المائع والمطلوب إيجاد وضع التوازن

(١١) وضع استدامة التوازن وعرف مركز التمايل

(١٢) أدخل في كرة من خشب مسمار صغير من الحديد فكان ثقل الكرة المذكورة مساويا لنصف ثقل حجمها من الماء

والمطلوب إيجاد أوضاع التوازن في الماء والبحث في استدامة التوازن

(١٣) قطعة من الخشب حجمها اربعة اقدار مكعبة عائمة بحيث ان نصفها مغمور في الماء والمطلوب تعيين حجم قطعة من المعدن

الذى ثقله النوعى سبعة امثال الثقل النوعى للخشب بحيث انها اذا ارتبطت بالجزء السفلى لقطعة الخشب المذكورة

تجعلها على وشك الفرق

(١٤) قطعة اسطوانية من الخشب محورها رأسى وضعت في اناء اسطوانى قاعدة مستوية وصب فيه ماء الى ارتفاع

ضعف ارتفاع القطعة الاسطوانية المفروضة والمطلوب إيجاد مقدار ضغط القطعة المذكورة على قاعدة

الاناء المفروض

(١٥) انا ان اسطوانيان محتويان على سائلين مختلفين موضوعان بالقرب من بعضهما على مستوى افقى ومتصلان بانبوبة رفيعة

سلامة للمستوى الافقى المذكور والمطلوب معرفة اى السائلين يمر من اناة الاصلى الى داخل الاناء الآخر عند

حصول الاستطراق وكذا معرفة الشرط الذى به لا يتخلل التوازن

(١٦) حسان معلوم حجمها وثقلها النوعى متصلا معا بخيط مار على بكرة وساكنان مع انخارهما بالكلية في الماء

والمطلوب معرفة شرط التوازن

ملحظة على الباب الرابع

قاعدة ارشميدس - ان وضع وبرهان القضية المقررة في (مقد) منسوب الى ارشميدس وما يستغزب عليه في

التاريخ العلمى انه لم يحصل اذ في تقدم في علم الايدروستاتيك مدة ١٨٠٠ سنة الى ان اقرب سن سينيئوس وغيلى

وتروشللى حيث ان تأثير السوائل الذى شرحه ارشميدس بالصفة السابقة بقى على ما هو عليه في هذه المدة بدون

فائدة ولائمة وما يحكى عن ارشميدس ويثبت دقة تصوراته ان هيرود ملك سيراكوس علم له تاج من مقدار

معين من الذهب وظن ان الصانع اخذ جزءا من الذهب وعرضه بكمية اخرى معدنية ثقلها مساو لثقل ما اخذه من

الذهب المذكور فانتدب ارشميدس وكلفه بحل هذا الاشكال فارشميدس عندما كان يفكر في حل هذه المسألة مذ

كان في الحمام لاحظ ان الماء يندفق من حاقيات الحوض الذى كان فيه فطرا عليه انه جار حذف كمية من الماء مساوية

لحجم المغمور فيه وان كمية من الذهب النقى مساوية لثقل التاج يلزم ان تحذف كمية من الماء حجمها اقل من حجم التاج لان حجم

ثقل اى معدن ممزوج اكبر من حجم ثقل مساو له من الذهب النقى ويقال انه خرج في الحال الى الطريق صار خافقوله عرفتها عرفها

وكتابا

وكتابا ارشميدس اللذان وصلا اينما وجدهما نيكولاس ترناجليا ضمن كتاب لاتيى خط يد قديم ونشرها في سنة ١٧٣٥ في الكتاب الاول من الكتابين المذكورين ذكر على أن سطح الماء الساكن يلزم ان يكون كرويا ومركزه في مركز الأرض ووجدت فيه جملة مسائل مختلفة متعلقة بتوازن اجزاء الاجسام الكروية محلولة والكتاب الثاني يحتوى على قضية (١٢٥) وعلى حلول عدد كثير من المسائل المختصة بتوازن مجسمات القطاعات المكافئة التى بعضها داخل فيه رسومات اشكال هندسية منشجة وقد صار المحقق من هذين الكتابين بذكر استرايو لهما الذى لم يذكر اسمها فقط بل ان شرح القضية الثانية من الكتاب الاول سينيقيوس وغيليلى - رسائل استيفينوس فى الاستاتيكا والايدروستاتيكا فى سنة ١٥٨٥ - تبعت رسائل ارشميدس فى الافكار وبين فيها كيفية تعيين ضغط اى مائع على قاعدة وجواب الاناء الشامل له غيليلى - فى رسائله على الاجسام العائمة التى نشرت فى سنة ١٦٠٨ ذكر التناقض لايدروستاتيكي ووضع عدم تقاطع عوار الاجسام بشكلها

امثلة

- (١) جسم منتظم مصمت عائم بأطلاق فى مسائل ثقله النوعى ضعف الثقل النوعى للجسم المذكور والمطلوب البرهان على ان ذلك الجسم يعود متوازنا اذا عكس وضعه
- (٢) قطعة من الثلج حجمها يارده مكعبة عائمة بحيث ان $\frac{1}{3}$ من حجمها أعلى السطح ولوحظ ان قطعة صغيرة من الجرانيت مخبأة فى الثلج والمطلوب تعيين حجم قطعة الجرانيت المذكورة من بعد معلومية ان الثقل النوعى للثلج وللجرانيت على التناظر هما ٩١٨ و ٢٦٥٠
- (٣) صفيحة مثلثية متساوية الساقين عائمة بحيث ان قاعدتها افقية ومخطة عن سطح المائع الذى كثافته ضعف كثافتها والمطلوب تعيين وضع التوازن
- (٤) مخروط مصمت محور رأسى عائم فى مائع كثافته ضعف كثافة المخروط المذكور والمطلوب المقارنة بين مقدارى جزئى المحور اللذين يكونان مغورين حينما تكون الرأس على وجهها تكون أسفل
- (٥) اذا كان ث ١ ، ث ٢ ، ث ٣ هي افعال جسم فى ثلاثة موانع مختلفة افعالها النوعية هي ث ١ ، ث ٢ ، ث ٣ فاهو البرهان على أن $\text{ث} (\text{ث} - \text{ث}) + \text{ث} (\text{ث} - \text{ث}) + \text{ث} (\text{ث} - \text{ث}) = ٠$
- (٦) صفيحة مثلثية متساوية الاضلاع معلقة بالحكمة من نقطة ١ وساكنة بحيث ان الضلع اب رأسى والضلع ا ح منصفاً لسطح سائل ثقيل والمطلوب البرهان على أن نسبة كثافة الصفيحة المذكورة الى كثافة السائل كنسبة ١٥ الى ١٦

- (٧) اسطوانة رأسية كثافتها $\frac{1}{2}$ عائمة فى مائعين كثافة العلوى ك وكثافة السفلى ك فاذا كان طول الاسطوانة ضعف عمق المائع العلوى فليكون وضع السكون
- (٨) قضيب من الخشب فى احد طرفيه قطعة من رصاص والمطلوب تعيين كثافة المائع الذى يعود فيه القضيب المذكور مهما كان ميله على الرأسى بفرض ان ثقل قطعة الرصاص نصف ثقل القضيب المذكور مع صرف النظر عن حجم

القطعة المذكورة

- (٩) إذا كان ثقل الجزء الغير مغور في جسم عائم في الماء معلوما فامقدار الثقل النوعي للجسم المذكور بحيث يكون حجمه أصغر مما يمكن
- (١٠) كوبة اسطوانية من الزجاج ثقلها ٨ أقيات ونصف قطرها الخارج ٥ دابوصة وارتفاعها ٥ دابوصة عامت في المائع مع كون محورها رأسي والمطلوب معرفة الثقل الذي يلزم وضعه فيها ويكون كافيا لأغرافها
- (١١) اناء على شكل نصف الاسطوانة المتقدم طرفاه مغلوقان عائم في الماء بحيث ان قاعدتيه رأسيان والمطلوب تعيين الثقل الاضافي الذي اذا وضع على منتصفه يحدث تمام انقار الاناء المذكور
- (١٢) قضيب مستقيم ثقله ٣ عائم في ماء ومائل على الرأس وبه نقطة مادية ثقلها ٣ مرتبطة بنهايته السفلى والمطلوب البرهان على أنه اذا كانت كثافة الماء اربعة امثال كثافة القضيب فينخر نصف طول القضيب المذكور
- (١٣) قضيب مستقيم عائم بحيث ان جزءا منه مغور في الماء ومحمول من احدى نهايتيه بخيط والمطلوب البرهان على أنه اذا كان الطول المغور غير متغير فشدة الخيط تكون غير متعلقة بميل القضيب على الرأس
- (١٤) كرة مجوفة نصفها قطرها الداخل والخارج معلومان عائمة بحيث ان نصفها مغور في الماء والمطلوب تعيين كثافتها بمقارنتها بكثافة الماء
- (١٥) مخروط قائم مجوف ثقيل مسدود بقاعدة بدون ثقل ومغور بتمامه في سائل والمطلوب تعيين القوة التي تحمله بحيث ان يكون محوره أفقيا
- (١٦) المطلوب إيجاد وضع توازن جسم مخروطي مصمت محوره رأسي ورأسه أعلى عائم في سائل نسبة كثافته الى كثافة المخروط المذكور كنسبة ٢٧ الى ١٩
- (١٧) صفيحة مستطيلة ابعاد ٥ مرتبطة في نقطة ب منها ثقل عائم في الماء بحيث ان مستويها رأسي والقطر ٢ ح في السطح والمطلوب البرهان على أن الثقل النوعي للسائل يكون ثلاثة امثال الثقل النوعي للصفيحة المذكورة
- (١٨) جسم قطع مكافئ مصمت عائم في مائع بحيث ان محوره رأسي ورأسه أسفل وان كثافته للجسم المذكور وللمايح معلومتان والمطلوب تعيين مقدار لخطاط رأسه عن سطح المائع
- (١٩) سفينة بانتقالها من البحر الى النهر زاد انقارها بوصتين وبعد تغريق ٤ طونيلاته من شحنتها ارتفعت بوصته ونصف والمطلوب معرفة ثقل المركب والشحنة معا من بعد معلومية ان الثقل النوعي لماء البحر ١٠٠٥ و أن القطار الافقي للسفينة الذي كان أعلى سطح البحر بوصتين غير متغير
- (٢٠) اناء اسطواني نصف قطره ٣ د وارتفاعه ٥ مملوء ثلاثة ارباعه بالماء والمطلوب تعيين اكبواسطوانة نصف قطر قاعدتها ٣ د وثقلها النوعي ٥ د التي يمكن وضعها في الماء المذكور بدون ان يندفع بحيث يكون محورا الاسطوانتين المذكورتين رأسيين و ٣ د أصغر من ٣ د
- (٢١) اسطوانة مجوفة مملوءة مائلا تاما بالماء مغلقة وجعلت في وضع بحيث يكون محورها أفقيا والمطلوب تعيين اتجاه ومقدار محصلة الضغوط على الخسف السفلي للسطح المحدب وكذا اذا كانت الاسطوانة المذكورة في وضع بحيث

- بحيث يكون محورها رأسيا فما اتجهه ومقدار محصلة الضغوط على نفس السطح المذكور
- (٢٢) جسم اسطوانى احدى نهايتيه على شكل نصف كرة عائم بحيث ان السطح الكروى مغمور جزئيا والمطلوب إيجاد مقدار اعظم ارتفاع للأسطوانة المذكورة الذى يكون به استدامة التوازن
- (٢٣) جسم عائم فى سائل غير مرئ شوهده أنه يأخذ اجساما ج، ح، يـ على التناظر أعلى السطح فى الاوقات التى تكون فيها كثافة الهواء المحيط هي ρ ، ρ ، ρ والمطلوب البرهان على أن
- $$\frac{\rho - \rho}{\rho} + \frac{\rho - \rho}{\rho} + \frac{\rho - \rho}{\rho} = 0$$
- (٢٤) جسم على شكل مخروط ناقص قائم حادث من قطع المخروط الكامل بمستو عمودى على المحور منصفاله عائم بحيث ان قاعدته الصغرى فى السائل ونصف محوره مغمور فى الماء والمطلوب المقارنة بين كثافة المخروط المذكور والسائل
- (٢٥) جسم مخروطى وجسم على شكل نصف كرة قاعدتهما متساويتان لهما معا بقاعدتيهما والجسم الناتج عائم فى الماء بحيث ان السطح الكروى مغمور جزئيا والمطلوب تعيين ارتفاع المخروط الذى به يكون التوازن ملازما
- (٢٦) ثلاثة قضبان مرتبط بعضها ببعض ومكونة لثلاثة اضلاع من مربع وان طرف احد الضلعين المتطرفين مرتبط بمفصل موجود فى سطح السائل والحلقة فى مستو رأسى وأن نصف الضلع المقابل موجود خارج السائل والمطلوب البرهان على ان نسبة الثقل النوعى للقضبان الى الثقل النوعى للسائل كنسبة ٣ : ٤
- (٢٧) مثلث ا ب ح عائم فى سائل ومستويه رأسى والرأس ب فى سطح السائل والرأس ٢ غير مغمورة والمطلوب البرهان على ان نسبة كثافة السائل الى كثافة المثلث المذكور كنسبة حاف الى حا اجتاح
- (٢٨) جسم مخروطى مصمت محوره رأسى ورأسه أسفل عائم فى سائل غير مرئ والمطلوب البرهان على أنه مهما كانت كثافة السائل يفرض أنها أكبر من كثافة الجسم فإن الضغط الكلى على السطح المحدث يكون واحدا
- (٢٩) سائلان متزنان واحدهما موضوع فوق الآخر والسائل السفلى ثقله النوعى أكبر من الثقل النوعى للسائل العلوى ومغمورة فيها اسطوانة مصمتة بحيث أن محورها رأسى وثقلها النوعى أكبر من الثقل النوعى للسائل العلوى والمطلوب إيجاد وضع التوازن وما يكون التأثير حينما تزداد كثافة السائل الأعلى
- وهل اذا حادت الاسطوانة عن الوضع الرأسى يكون التوازن ثابتا أم غير ثابت
- (٣٠) قضبان منتظمان متساويان ا ب، ا ب ح مرتبطان ارتباطا مفصليا فى نقطة ب ويمكنهما التحرك حول نقطة ٢ الثابتة على عمق معلوم أسفل سطح سائل ثقيل والمطلوب تعيين الوضع الذى فيه كل من القضيبين يبقى ساكنا ومغمورا جزئيا وايضا ان لا يجل ان يكون هذا الوضع ممكنا يلزم ان يكون نسبة كثافة القضيبين الى كثافة السائل المذكور أصغر من $\frac{1}{2}$
- (٣١) مثلث متساوى الاضلاع ا ب ح ثقله ٣ وثقله النوعى ٣ يتحرك حول مفصل فى ٢ يكون فى حالة توازن حينما تكون الزاوية ح مغمورة فى الماء والضلع ا ب افقيا فصار دورانه فى مستويه الى أن

صار الضلع γ حافضاً ومغموراً بتمامه في الماء والمطلوب البرهان على أن الضغط على المفصل في هذا الوضع يكون مساوياً إلى

$$\frac{1}{2} \gamma \frac{h}{\rho} \quad \text{ث}$$

(٣٢) نصف كرة صممة مغمورة بتمامها ومركز قاعدتها موجود على عمق معلوم وكان ث ثقل السائل الذي تحذفه γ ومحصلة الضغوط الرأسية γ ك محصلة الضغوط الأفقية على سطحها المحدث والمطلوب البرهان على أنه في جميع أوضاع الجسم يكون (ث - هـ) + د ثابتاً

(٣٣) مخروط مجوف مملوء بالماء مغلق وموضوع في وضع بحيث أن محوره أفقي والمطلوب تعيين محصلة الضغوط الرأسية على النصف العلوي للسطح المحدث

(٣٤) اسطوانة صممة مغمورة بتمامها في الماء ومركز ثقلها موجود على عمق معلوم أسفل السطح ومحورها سائل على الرأسى بزاوية معلومة والمطلوب تعيين محصلة الضغوط الأفقية ومحصلة الضغوط الرأسية على السطح المحدث ثم اتجاه ومقدار محصلة الضغوط الأفقية والرأسية على السطح المذكور

(٣٥) زاوية رأس مخروط صممت قدرها 60° والمطلوب البرهان على أن هذا المخروط يعوم في مائع بحيث أن رأسه أعلا السطح وقاعدته ماسة للسطح المذكور إذا كانت كثافته المخروط والمائع بنسبة 1.5 إلى 1.75

الباب الخامس

في الهواء والغازات

مرونة الهواء - تأثير الحرارة - الترمومترات - تجارب ترويشلي - ثقل الهواء - البارومتر وتقسيمه - الارتباطات الواقعة بين الضغط والكثافة ودرجة الحرارة - تعيين الارتفاع بالبارومتر - المص - تقسيم الترمومتر (أي تدريجي) - الترمومتر الفرقى

٤٦٨ يقاس ضغط أي سائل مرين بالطريقة التي يقاس بها ضغط المائع وقد ذكر فيما تقدم أن خاصية تساوى الضغوط في جميع الاتجاهات وانتقال الضغط بالتساوى تنطبق بالتام على الموائع والغازات ومع ذلك فيوجد اختلاف بين الغاز والمائع وهو أن ضغط المائع يتعلق كلية بثقله أو بتأثير ضغط خارجي وأما ضغط الغاز فولو أن للتأثر دخل فيه لكن يتعلق على العموم بحجمه وبدرجة حرارته

وفعل طلبية الحقن المعتادة يشاهد منها جلياً قوة مرونة الهواء الجوي لأنه إذا سحب مكبس الطلبية المذكورة وسد طرفها المفتوح يرى أنه يحتاج إلى قوة عظيمة لرجوع المكبس إلى المسافة صغيرة من رجة وإذا كانت الطلبية المذكورة غير منفذة للهواء ومقاومتها كافية فإنه يحتاج إلى قوة عظيمة جداً لتحريك المكبس المذكور للقرب من نهاية رجة وزيادة على ذلك فإن هذه التجربة بالطلبية السالفة الذكر توضح أن الضغط يزداد تبعاً للأختصاص وأن الهواء الموجود داخل الطلبية المذكورة يستعمل كوسادة مرنة وإذا ترك المكبس ونفسه بعد ذلك يرتد ثانية بسبب تمدد الهواء ورجوعه لحجمه الأصلي

ويمكن الحصول على إيضاح بسيط آخر وذلك أن تغمر اسطوانة من زجاج عكسياً في الماء مع الاعتناء بحيث تكون رأسية كما في المثال الثاني من (٤٤) حتى لا يفقد مقدار كثير من الهواء فيظهر أن سطح الماء داخل الاناء ينحط عن

عن سطح الماء الخارج ومن المعلوم ان ضغط الهواء داخل الاناء يساوى ضغط الماء على السطح المشترك بينهما وهذا
الضغط يساوى بناء على ما تقدم الضغط الواقع على السطح الخارج مضافا اليه الضغط المنسوب لاختلاف السطح الداخل
عن الخارج وعلى ذلك يرى ان الهواء الداخل الذي نقص حجمه ازداد ضغطه

٢٦٩ تأثير الحرارة - قد شوهد أنه ازدادت درجة الحرارة فتوق مرونة كمية من الهواء او الغاز التي لم يتغير حجمها
تزداد أيضا وأنه اذا امكن تمدد الهواء مع بقاء ضغطه على ما هو عليه فيزداد حجمه
ولا يصحاح ذلك بتصور مكعبا محكما في اسطوانة رأسية محتوية على هواء ونفرض انه متزن أى ان ثقل المكعب يكون
محمولا بالهواء الموجود اسفله

فبارتفاع درجة حرارة الهواء الموجود في الاسطوانة يصعد المكعب الى أعلى والا فالقوة التي تلزم لحفظه في موضعه
الأصلي تزداد بازدياد درجة الحرارة

٢٧٠ الترمومتر - في الغالب تتمدد الاجسام بالحرارة وتكثف بالبرودة والطريقة الوحيدة لقياس درجة الحرارة هي
مشاهدة مقدار تمدد او انكماش مادة معلومة

فيستعمل الزئبق لقياس درجة الحرارة المعتادة وأما درجات الحرارة العالية جدا فتستعمل لقياسها المعادن وأما درجات
الحرارة المنخفضة جدا التي فيها يتجمد الزئبق فيستعمل لتعيينها الكحول

٢٧١ الترمومتر الزئبقي شكل ٤٤ يتكون من انبوبة رفيعة من الزجاج منتهية من اسفل
بمستودع ومرفها العلوي سدود سدا جيدا والمستودع مملوء بالزئبق وجزء صغير من
الانبوبة كذلك والمسافة التي بين الزئبق وقمة الانبوبة فهي فراغ

وليزر الملاحظة انه حيث ان الزجاج يتمدد بازدياد درجة الحرارة كالزئبق فيكون التمدد
المشاهد هو الفرق بين التمدد الأصلي وتمدد الزجاج

ففي الترمومتر المسمى نعلم نقطة بجم الماء بصفر درجة ونقطة غليانه بمائة درجة والمسافة
التي بينها تقسم الى مائة جزء متساوية تسمى درجات

وفي ترمومتر فراهيت نعلم نقطة بجم الماء بالعدد ٣٢ ونقطة غليانه بالعدد ٢١٢ وفي ترمومتر رومور نعلم
نقطة بجم الماء بصفر درجة ونقطة غليانه بالعدد ٨٠

٢٧٢ المقارنة بين درجات تلك الترمومترات ببعضها

فنفرض أن م ا ف م هي عدد الدرج المقابل لدرجة حرارة واحدة في كل من الترمومترات السابقة
على التناظر وحيث أن المسافة بين درجات غليان الماء ودرجة بجمه يلزم ان تكون منقسمة في جميع الترمومترات
بنسبة واحدة بعلامة أى درجة حرارة معلومة فيكون

$$م : ف : م : م :: ١٨٠ : ١٠٠ :: ٨٠ : ٣٢ : ٩ : ٥ : ٤$$

أو

$$\frac{م}{٤} = \frac{٣٢-٩}{٩} = \frac{٢٣}{٩}$$

وهذا يفرض صحة ان درجة الحرارة المعينة للغليان واحدة في جميعها



شكل ٤٤

وطريقة ملئ الترمومتر وتعريف درجتي التجمد والغليان سيذكر في آخر هذا الباب

٧٣ صنفط الجو - تجربة تروشلي

قد تحقق تأثير صنفط الجو بتجربة تروشلي وهي أنه قد أخذ انبوبة من زجاج اب شكلها ٣٠ بوصة وكسور مفتوحة من الطرف ١ ومغلقة من الطرف ٢ وملاها بالزيت وسد الطرف ٢ بالأصبع وقلب الانبوبة وعمر الطرف المذكور في كوبه بها زيت ثم فتحه ثانياً فشهد ان الزيت انخفض الى حد معين وحدث فراغ في الجزء العلوي للانبوبة وبقي سطح الزيت ثابتاً على ارتفاع ٢٩ أو ٣٠ بوصة أعلى سطحه في الكوبه وحينئذ فقد ظهر ان صنفط الجو مؤثر على سطح الزيت في الكوبه ومنقول كما سبق الايضاح على ان مثل هذه الضغوط يمكن استغالها بان رفع عمود الزيت في الانبوبة وعلمت لنا طريقة تقدير مقدار صنفط الجو مباشرة وفي الواقع فان ثقل عمود الزيت الذي في الانبوبة أعلى السطح في الكوبه مساو



بالضغط لصنفط الجو على مساحة مساوية لقطاع الانبوبة المذكورة وهو عبارة عن ١٥ رطلاً تقريباً على كل بوصة مربعة ٧٤ الهواء له ثقل - يمكن اثبات ذلك بوزن ذورق مملوء بالهواء ثم وزنه بعد تفريغ الهواء منه فالفرق بين الوزنين يكون هو ثقل الهواء الذي كان موجوداً في الذورق المذكور

ويمكن الآن ايضاح وجود صنفط الجو وذلك لأن الأرض محاطة بكمية من الهواء مرتفعة لارتفاع معلوم كما يستدل على ذلك بواسطة علم الديناميك واعتبارات أخر وحينئذ اذا اعتبرت طبقة افقية ما وفرض على جزء منها عمود اسطوانى ممتد الى نهاية ارتفاع الجو فثقل العمود المذكور يكون محمولاً تماماً على ذلك الجزء المستقر عليه ويكون الصنفط على هذا الجزء حينئذ مساوياً لثقل عمود الهواء المذكور

وبناء على هذا فيلزم ان ينقص صنفط الهواء كلما ارتفع عن سطح الأرض ومن التجارب التي علمت بواسطة القباب الطائرة والصعود على الجبال ثبت صحة ذلك

وحينئذ اذا فرض كما تقدم ان ص هو الصنفط في اى محل معلوم ، ك هي كثافة الهواء فالصنفط على ارتفاع س يكون

ص - ح ل س

بفرض ان كثافة الهواء ثابتة تقريباً في جميع الارتفاعات

٧٥ قد ذكر فيما تقدم ان ضغط الغاز يتعلق غالباً بجمده وبدرجة حرارته ولكن ذلك على فرض أن الغاز يكون محموراً في حجم معين والا فتأثير مرونته يحدث انتشار غير محدود للغاز وينتهى بتشتته

وحيث ان تأثير الجذب يعادل قوة انضغاط الغاز فيظهر من ذلك ان صنفط الغاز منسوب لثقله كما في الموائع ٧٦ ويمكن ان نوضح بالكيفية التي ذكرت على الهواء أن اى غاز له ثقل وان ثقله يختلف باختلاف الغاز فمثلاً غاز حمض الكربونيك اثنى من الهواء وذلك واضح من امكان صبه كائن من اينة الى

أخرى

البارومتر

البارومتر

٧٧ د هذه الآلة المستعملة لقياس ضغط الجو تركب من انبوبة منخنية ا ب د شكل ٤٦ مغلقة الطرف ا ومفتوحة الطرف د



وارتفاع الجزء ا ب يكون عادة نحو ٣٠ أو ٣٣ بوصة وقطر الجزء ب د يكون عادة أكبر من قطر ا ب بكثير والانبوبة المذكورة محتوية على كمية من الزئبق والجزء ا ه الذي فوق الزئبق فهو فراغ

واذا كان امتداد مستوى سطح الجزء ب د يقطع ا ب في ن فمن الواضح ان الضغط على ن يكون مساويا لضغط الجو المنتقل من السطح د الى ن لأن الضغط على جميع نقط مستو افقي واحد وحينئذ فالضغط الجوي يحمل عمود الزئبق د ن وعليه يكون ارتفاع هذا العمود قياسا لضغط الجو فاذا كانت د كثافة الزئبق ، ض ضغط الجو يكون

$$ض = د ك \times د ن$$

وحيث ان كثافة الزئبق تنقص بازدياد درجة الحرارة وقد علم من التجربة انه بازدياد درجة الحرارة درجة واحدة مئوية يمتد الزئبق بمقدار $\frac{1}{18000}$ أو ١٨.٠١٨... د من حجمه لحينئذ اذا كانت د كثافة الزئبق في درجة حرارة د ، ك كثافة في درجة الصفر يكون

$$د = د ك (١ + ١٨.٠١٨ \times د)$$

أو يفرض أن د = ١٨.٠١٨... د يكون

$$د = د ك (١ + ١٨.٠١٨ \times د) (*)$$

وحينئذ يكون

$$ض = د ك \times د ن = د ك (١ - ١٨.٠١٨ \times د ن)$$

٧٨ د قد وجد ان الارتفاع المتوسط لعمود البارومتر على سطح البحر يختلف بحسب عرض المحل ولكن ينصر على العموم بين ٢٩.٥ و ٣٠.٠ بوصة ومع ذلك فهذا الارتفاع عرضة لتغيرات كثيرة في مدة اليوم الواحد يتغير

(*) د رمز لكثافة في درجة الصفر ، ك رمز لكثافة في درجة د من الحرارة ، ح الحجم

$$د = د ك + د ك \times د = د ك (١ + د)$$

$$د = د ك - د ك \times د = د ك (١ - د)$$

ومنها يحدث

$$د ك + ١ = \frac{د}{د ك} = \frac{د}{د ك}$$

ومن الثانية يحدث

$$د ك (١ + د) = د$$

ومنها يحدث د = د ك (١ - د)

$$د ك - ١ = \frac{د}{د ك} = \frac{د}{د ك}$$

ارتفاع عمود الزئبق والارتفاع المتوسط له في اليوم الواحد يتغير أيضا في مدة السنة بقطع النظر عن التغير السريع غير المنتظم الناتجة من الرياح الشديدة والحوادث وعادة يكون اعظم ارتفاع عمود الزئبق نحو الساعة التاسعة صباحا ويأخذ بعد ذلك في الانخفاض الى نحو الساعة الثالثة مساء ويعود الى اعظم ارتفاعه ثانيا نحو الساعة التاسعة مساء

٢٩٩ البارومتر المائي - اي نوع من المائع يمكن استعماله لقياس ضغط الجو ولكن كبر كثافة الزئبق تجعله اكثر موافقة لهذا الغرض فاذا استعمل الماء لزم الحال لاستعمال انبوبة كثيرة الطول وفي الواقع فانه حيث كانت كثافة الزئبق قدر كثافة الماء ١٣٠٥٦٨ مرة فارفع عمود الماء يلزم ان يكون مساويا الى $\frac{1}{130568}$ قدر = ١٠٣٣٠ متر تقريبا

٣٠٠ تدرج البارومتر - اذا فرض ان عمود الزئبق ارتفع أعلى نقطة هـ (شكل ٣٧) فن الواضح انه ينخفض في ب أسفل نقطة حـ وحينئذ فتغير ارتفاع عمود الزئبق يساوي مجموع هذين التغيرين واذا فرض ان م، ن هما مساحتا قطاعي الانبوبة وأن س هو زيادة الارتفاع أعلى نقطة ب أو التغير الظاهر حينئذ يكون مقدار الانخفاض أسفل ح هو $\frac{س}{م}$ ويكون التغير الحقيقي هو

$$س + \frac{س}{م} \quad \text{أو} \quad (1 + \frac{1}{م}) س$$

وعلى ذلك ففي التدرج يلزم ان تكون الأبعاد المقاسة بالابتداء من نقطة الصفر معلومة كبيرة عن اصلها بمقدار النسبة $1 + \frac{1}{م}$ الى ١

٣٠١ ايجاد الضغط الجوي على بوصة مربعة - يمكن تعيين هذا الضغط من أول الأمر بملاحظة انه يساوي ثقل عمود اسطوانى من الزئبق قاعدته بوصة مربعة وارتفاعه مساو لارتفاع العمود البارومتري وحيث ان الثقل النوعى للزئبق قدر الثقل النوعى للماء ١٣٠٥٦٨ مرة فيكون الضغط الجوى على البوصة المربعة بفرض ان مقدار ارتفاع البارومتر ٣٠ بوصة على سطح البحر مساويا الى

$$\frac{٣٠ \times ١٣٠٥٦٨ \times ١٠٠٠}{١٧٤٨} \text{ اوقية} = ١٤١٧ \text{ رطلا}$$

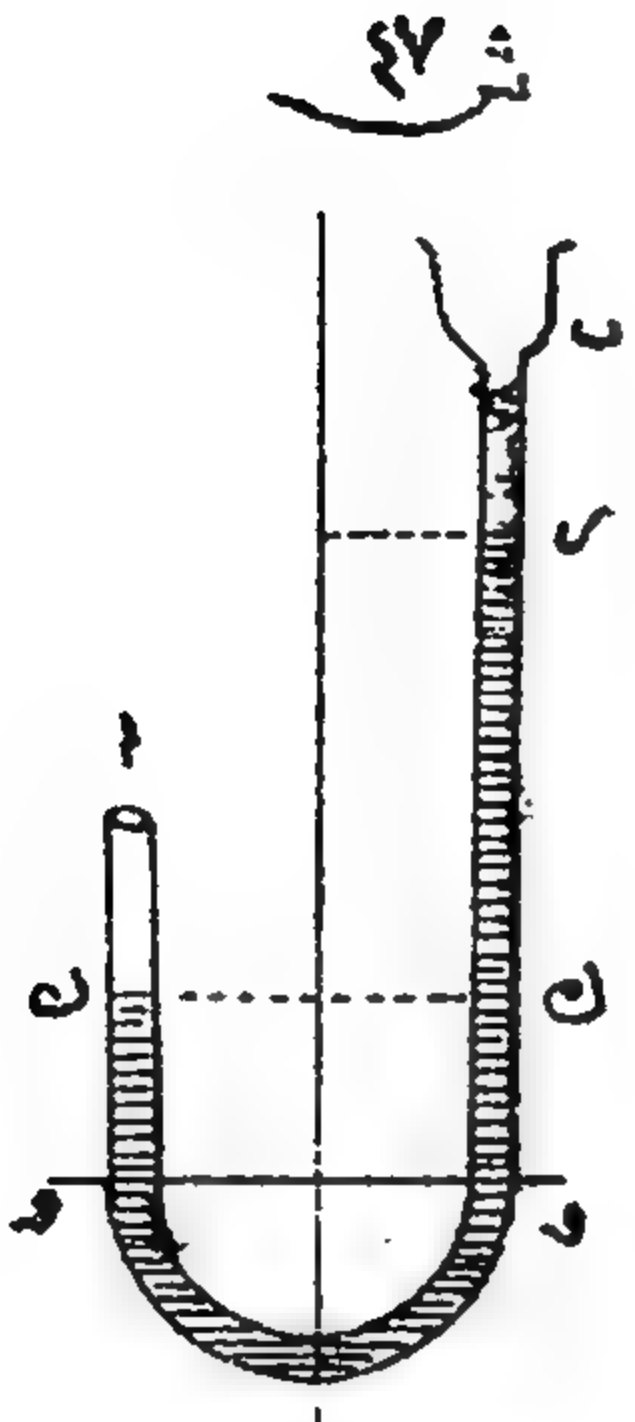
وهذا الضغط يختلف من وقت الى آخر ولكن فهو في الغالب بين $\frac{1}{١٤}$ و $\frac{1}{١٥}$ رطلا

٣٠٢ الجو المتجانس - اذا كانت كثافة الهواء واحدة في جميع العمود الرأسى كما هو على سطح البحر فارفعه يكون أقل من خمسة أميال

ولاثبات ذلك نفرض ان هـ هـ كثافتا الزئبق والهواء بالنسبة للماء وحينئذ فاذا كان هـ ارتفاع البارومتر يكون ضغط الجو مساويا الى ح هـ وعلى ذلك يكون ارتفاع عمود الجو مساويا الى $\frac{هـ}{ح}$ وقد علم ان نسبة هـ : ح :: ١٠٤٦٤ : ١ تقريبا

حينئذ اذا فرض ان هـ = ٣٠ بوصة يكون $\frac{هـ}{ح}$ أقل بتقليل من خمسة أميال

٣٠٣ ضغط كمية معلومة من الهواء في درجة حرارة معلومة يتغير عكسيا بالنسبة للحيز الذى يشغله والبرهان التجريبي لهذا القانون المنسوب الى بويل ومربون هو ان تؤخذ انبوبة ممتلئة من زجاج شكل ٤٧



فرعها القصير يمكن غلق نهايته ومثبتة على قائم مد رج وطرفاها مفتوحان ويصب فيها قليل من الزيت الى ان يصير سطحه h في مستو واحد افقى ثم يغلق الطرف ٢ ويصب زيت من الفوهة ب فائتاثير يحدث انضغاط الهواء في ١ والزيت يرتفع الى ارتفاع h الذي يكون اوطى من السطح h للزيت في h

وبعد غلق الطرف ١ فنضغط الهواء يكون مساويا لضغط الجو ثم بعد ان صب ثانيا مقدار من الزيت في الانبوبة يصير ضغط الهواء في ١ ك مساويا لضغط الزيت في h في السطح عينه من الفرع الطويل

وهذا الضغط الأخير يعادل الضغط الجوي على السطح h ونقل عمود الزيت h فاذا توازن الحيزان h ، h ببعضها بعضا بمقارنة ثقل الزيت الممكن احتوائها عليه وكان h الارتفاع المرصود في البارومتر فانه يرى ان

$$\frac{\text{حيز } h}{\text{حيز } h} = \frac{h + h}{h}$$

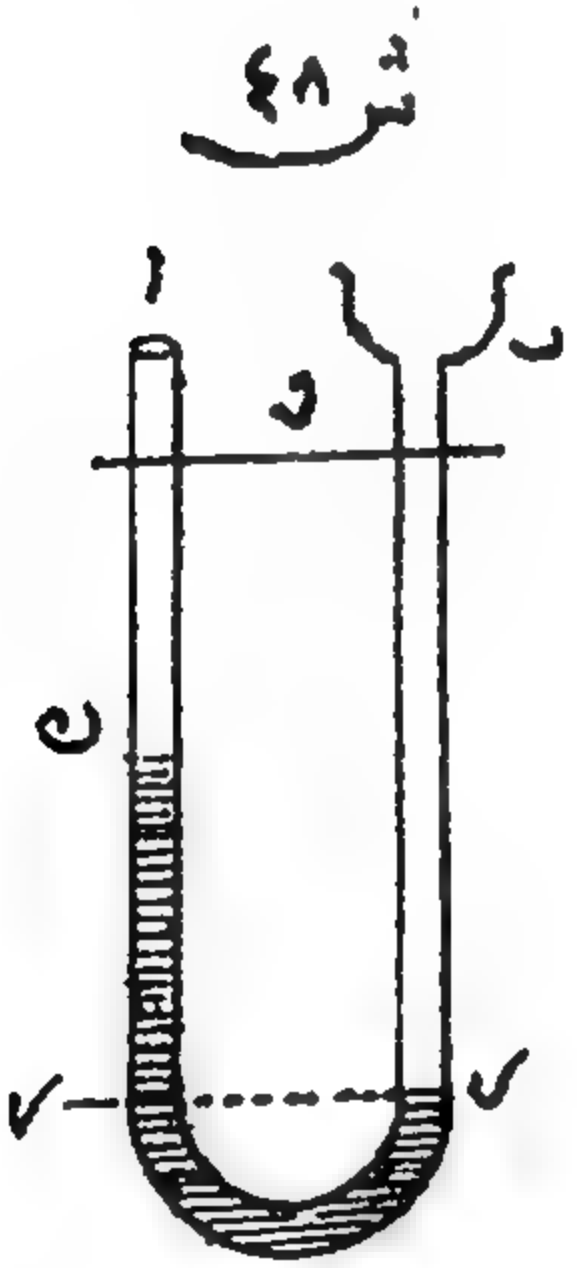
ولكن اذا فرض ان h هو الضغط الأصلي للهواء في h ، h ضغطه بعد الانضغاط يحدث

$$h = h \times h + h = h (h + h)$$

وحينئذ يكون $h : h :: h : h$

وهذا يثبت قانون انضغاط الهواء

وللبرهان على القانون السابق في حالة التمدد نأخذ انبوبة مخفية من زجاج ذات فرعين طويلين شكل ٤٨ ويصب فيها الزيت لارتفاع h ثم يغلق الطرف ١ ويحذف جزء من الزيت من الفرع ب



وحينئذ اذا فرض ان h ، h هما السطحان المستندان يحدث

$$\frac{\text{حيز } h}{\text{حيز } h} = \frac{h - h}{h}$$

واذا فرض ان h هو ضغط الهواء بعد تمدده يكون

$$h = \text{الضغط في } h - h \times h = h (h - h) \text{ أو}$$

$$h : h :: h : h$$

وليزم الاعتناء في كلتا الحالتين بجعل درجة الحرارة واحدة في الابتداء وفي انشاء

عمل التجربة

وينتج من ذلك حينئذ انه من حيث ان كثافة كمية من الهواء تتغير بالنسبة العكسية للحجم فالضغط يتغير بالنسبة للكثافة

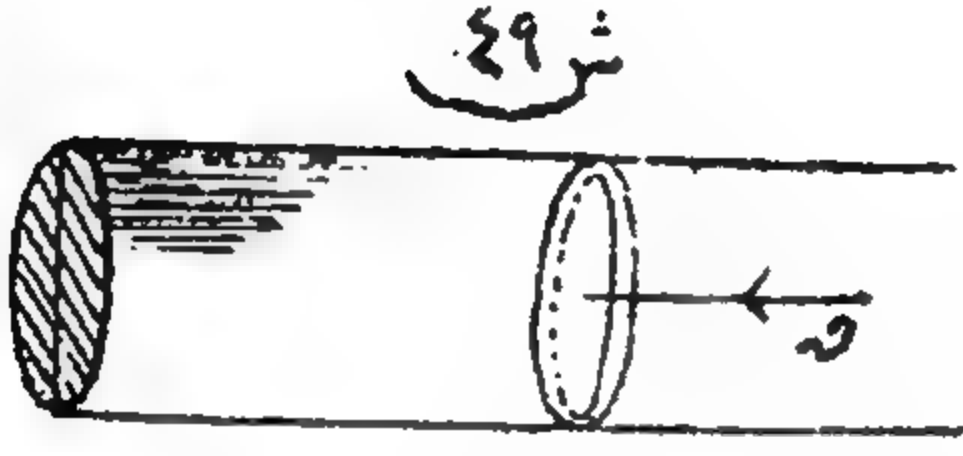
وعلى ذلك فاذا كان h الضغط ، h الكثافة فيكون ما ذكر موضع بالمعادلة

$$h = m \times h$$

التحقيق m كمية تعين بالتجربة

س٤٤ تأثير تغير درجة الحرارة

اذا كان الضغط ثابتا فازدياد درجة حرارة واحدة مئوية تحدث في كتلة معلومة من الهواء تمدد قدره ٠٠٣٦٦٥ د. من حجمها وبواسطة هذا القانون التجريبي مع القانون السابق يمكن ايضا ان يوضح الارتباط الواقع بين الضغط والكثافة ودرجة الحرارة لكتلة معلومة من الهواء أو من الغاز ولذلك تصور كمية من الهواء مضمرة في اسطوانة بواسطة مكبس شكل ٤٩ واقع عليه قوة معلومة ونفرض ان الحرارة في درجة الصفر المئوي وحينئذ يارتفع درجة الحرارة الى θ يرى ان المكبس يتحرك الى الخارج الى ان يزداد الحجم الأصلي H بمقدار $\theta \times 0.003665$ ج أو θ ج بالرمز للكسر الأعشاري بحرف α



وعلى هذا فاذا زامن الحجم الجديد بحرف H يكون

$$H = H_0 (1 + \alpha \theta)$$

وحيث ان H_0 كان V_0 هما الكثافتان في درجتى الحرارة θ و 0 يكون

$$\frac{1}{V} = \frac{1}{V_0} (1 + \alpha \theta) \quad \text{أو}$$

$$\frac{1}{V} = \frac{1}{V_0} (1 + \alpha \theta)$$

وسينفذ بناء على معادلة $V = M \rho$ يكون

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha \theta)$$

وهو الارتباط المطلوب ايجاده

س٤٥ ومقدار α واحد تقريبا في جميع الغازات وزيادة على ذلك فانه يبقى ثابتا تقريبا بالنسبة للضغط والمختلفة وقد بحث المعلم رينولت عن مقادير α لجملة مواد مختلفة وقد وجد بين درجتى الصفر والمائة مثلا ان مقدار α بالنسبة لغاز حمض الكربونيك يساوى ٠٠٣٦٨٩ د. ثم انه قد لاحظ أيضا ان الاختلاف بين معاملى غازين يزداد بازدياد الضغط كثيرا

وهاك مقادير α التى وجدها المعلم رينولت بالنسبة للغازات الآتية

٠٠٣٦٦٥ د.	هواء
٠٠٣٦٦٧ د.	ايدروجين
٠٠٣٦٦٨ د.	ازوت
٠٠٣٦٦٩ د.	حمض الكبريتيك
٠٠٣٦٨١ د.	حمض الكلور ايدريك
٠٠٣٦٨٢ د.	سيانوجين
٠٠٣٦٨٩ د.	حمض الكربونيك

١٨٦ تمد ايضاح - تأثير الحرارة في تمدد الهواء يمكن ايضاحه بتجربة بسيطة وهي ان تؤخذ انبوبة من زجاج مفتوحة من احدى طرفيها ومنتھية من الطرف الآخر بمستودع كروي شكله ثم يغير الطرف المفترج في الماء ثم يسخن المستودع المذكور بواسطة لامبه فالهواء الموجود فيه يتمدد ويطرد جزء من الماء الموجود في الانبوبة



فاذا رفعت اللامبه فالهواء الداخل ينكمش ويرتفع الماء في الانبوبة ثانيا
١٨٧ تمد تعيين الارتفاعات بالبارومتر
قد وجد من النظريات العلمية والملاحظة أن ارتفاع العمود البارومتري يتعلق بارتفاعه عن سطح البحر وحينئذ فيتوصل لمعرفة ارتفاع أى محل عن سطح البحر بمشاهدة البارومتر

ولذلك يقتضى انشاء قانون رابط لارتفاع البارومتر بارتفاع المحل عن سطح معلوم مثل سطح البحر
اما القانون العمومى لهذا المقصد فهو متشعب وصعب الحصول عليه بدون مساعدة حساب التكامل حيث أن الضغط الجوى يتعلق بدرجة حرارة وكثافة الهواء اللتين يتغيران بالنسبة للارتفاع ويتعلق أيضا بشدة قوة التناقل التى تنقص بازدياد الارتفاع ومع ذلك فنكون قانونا على فرض عدم تغير درجة الحرارة وفق المذهب وهذا القانون يكون مفيدا عمليا لتعيين الاختلافات الصغيرة الواقعة بين الارتفاعات
١٨٨ اذا فرضت جملة ارتفاعات مكونة متوالية عددية فكثافات الهواء فيها تكون متناقصة على صورة متوالية هندسية

لأنه اذا فرض عمود اسطوانى من الجوى ذو ارتفاع معلوم h وفرض أنه مقسم الى طبقات افقية ذات سمك واحد أعنى $\frac{h}{n}$ وفرض ان $h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$ هي كثافات الطبقات المتوالية مأخوذة من اسفل الى اعلا بفرض ان كل طبقة من تلك الطبقات ذات كثافة واحدة وفرض ان درجة الحرارة واحدة في جميع الطبقات المذكورة تكون الضغوط على الأسطح العلوية لكل منها هي

$$p_1, p_2, p_3, \dots, p_n, p_{n+1}$$

بفرض ان m هو المتغير الثابت بالنسبة لدرجة الحرارة المعتبرة
ولكن حيث أن الفرق بين أى ضغطين متواليين يلزم ان يكون مساويا لثقل الهواء المحصور بينهما فيتمدد اذا اعتبر الصنفان ١-١، ٢ يكون

$$p_1 - p_2 = m \cdot \frac{h}{n} \quad \text{أو} \quad p_2 - p_3 = m \cdot \frac{h}{n}$$

$$p_1 - p_2 = m \cdot \frac{h}{n} \quad \text{وحينئذ يكون}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = 1 + \frac{m \cdot h}{n \cdot p_2}$$

أعنى ان الكثافات تتناقص على حسب متوالية هندسية

سند لايجاد الفرق بين ارتفاعي محلين - نفرض ان r هو الفرق المذكور وعينثذ فاذا رمز في السند السابق للتقدير ١ - $\frac{v}{p_m}$ بالرمز e وكثافة السطح السفلى لاسفل طبقة من الهواء بحرف ρ يكون

$$\rho = \rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = \rho_4 = \dots = \rho_n = \rho_{n+1} = \rho_{n+2} = \dots = \rho_{n+k}$$

وحينئذ يكون

وبفرض ان h هما الضغطان المقابلان لكثافتين المذكورتين يكون

$$\frac{h}{\rho} = \frac{h'}{\rho'}$$

فاذا كان $h = h'$ هما الارتفاعان المرصودان في البارومتر في المحلين العلوي والسفلي على التناظر يكون

$$\rho = \rho' = \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_n = \rho_{n+1} = \rho_{n+2} = \dots = \rho_{n+k}$$

وبأخذ اللوغاريتم الندياني للطرفين يحدث

$$\ln \rho = \ln \rho' = \ln \rho_1 = \ln \rho_2 = \dots = \ln \rho_n = \ln \rho_{n+1} = \ln \rho_{n+2} = \dots = \ln \rho_{n+k}$$

$$\ln \rho = \ln \rho' = \ln \rho_1 = \ln \rho_2 = \dots = \ln \rho_n = \ln \rho_{n+1} = \ln \rho_{n+2} = \dots = \ln \rho_{n+k}$$

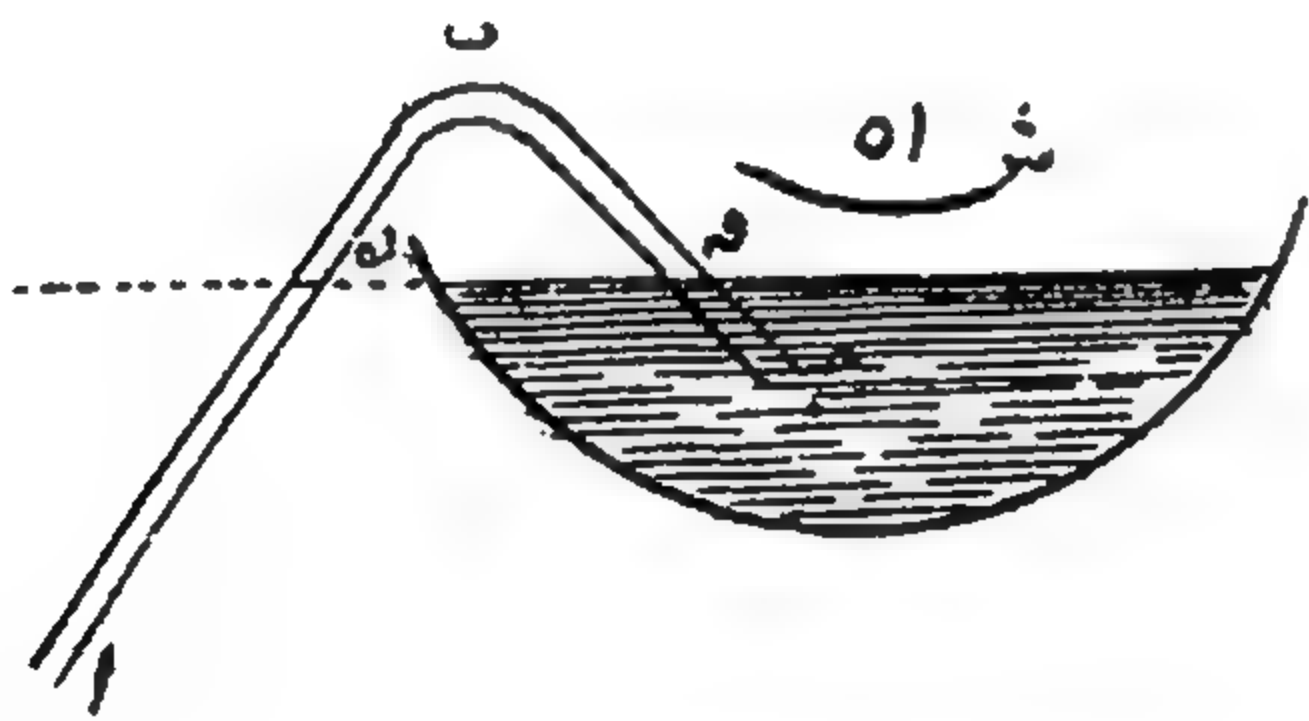
$$\ln \rho = \ln \rho' = \ln \rho_1 = \ln \rho_2 = \dots = \ln \rho_n = \ln \rho_{n+1} = \ln \rho_{n+2} = \dots = \ln \rho_{n+k}$$

ولكن كلما كبست h كلما قرب الفرض النظري من التغير المستمر للكثافة الحقيقية للهواء وباعتبار ان h كبيرة جداً يتحصل على المقدار التقريبي الآتي وهو

$$\rho = \rho' = \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_n = \rho_{n+1} = \rho_{n+2} = \dots = \rho_{n+k}$$

بملاحظة ان h يكون أصغر من h' وبفرض ان درجة الحرارة وفوق الجذب يكونان ثابتين في جميع الارتفاعات المص

سند فعل المص هو توضع على مهد لضغط الجو - والمص عبارة عن أنبوبة ممتدة ب شكل مفتوحة الطرفين وعند ملئها بالماء يخلق طرفها ويقرب المص بوضع الطرف h في الماء والطرف الآخر h' اسفله



لكن عند فتح الطرف h' يرى أن الضغط في h' أكبر من الضغط في h المساوي للضغط في h المساوي لضغط الجو

وحينئذ اذا فتح الطرف h' فالما يبتدئ ان يسيل من h' الى الخارج وعليه فينقص الضغط داخل الأنبوبة ويحصل فراغ في الجزء العلوي منها

ولكن اذا كان ارتفاع h' اعلى سطح الماء اقل من الارتفاع h للبارومتر المائي فالضغط الجوي يجبر الماء على الدخول في الأنبوبة ويحصل سيلان مستمر من الطرف h' الى ان ينقطع سطح الماء عن الطرف h او الى ان ينزل لغاية ما يكون الخطاطه عن h' أكبر من الارتفاع h اذا كان المص ذا طول كاف

سند طريقة ملا وتدرج الترمومتر - لأجل ملا الترمومتر بالزئبق يربط ابتداء قمع من الورق على الطرف المفتوح ثم يصب الزئبق فيه ويسخن المستودع على لامية كؤلية فيطر بذلك جزء من الهواء الذي في الأنبوبة ثم

يبرد المستودع فيحفظ الزيت في الانبوبة ثم تكرر هذه العملية الى ان يطرد جميع الهواء ومتى ملئت الانبوبة ملاءً تاماً وطفأ الزيت منها يغلق الطرف العلوي بالضغط بواسطة البورى وفي اثناء التبريد بعد ذلك ينكمش الزيت ويحيط تاركا فراغا في أعلى الانبوبة (والفراغ هنا ليس حقيقيا بل أن الجزء الذي يظهر أنه فراغ هو في الحقيقة مملوء بأبخدة الزيت)

وبعد ذلك تعين نقطتا التجمد والغليان فنقطة التجمد تعين بغمر المستودع و الجزء السفلى للانبوبة في شلج مذاب ويعلم على سطح الانبوبة من الخارج نهاية ارتفاع الزيت فيها

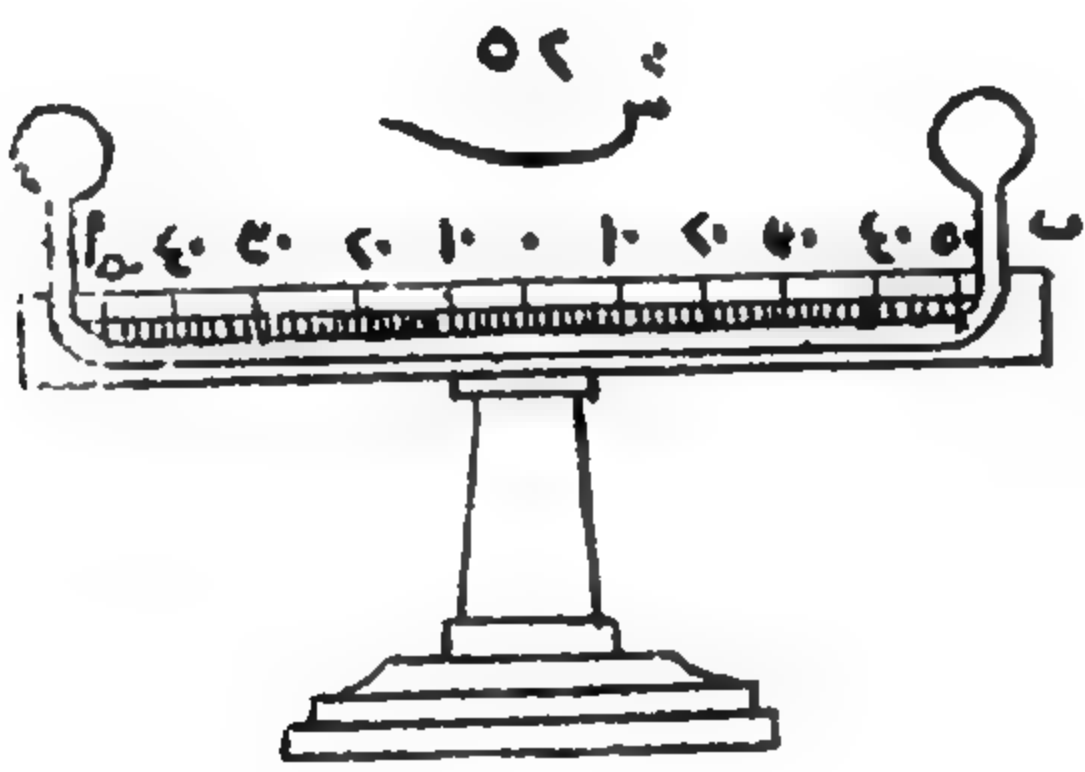
ونقطة الغليان تعين بغمر المستودع في بخار الماء المغلي تحت ضغط جو معلوم وتعلم الانبوبة كما تقدم وحيث ان درجة حرارة البخار تتعلق بضغط الجو فيكون من الضروري حينئذ اتخاذ ضغط معلوم والتعريف عن درجة الغليان بأنها درجة حرارة البخار في الضغط المذكور ثم ان العمود البارومتري الذي ارتفاعه على سطح البحر ٣٠ بوصة هو الضغط المتخذ عادة في تدرج الترمومتر ففي الترمومتر المئتي نقطة الغليان المقابلة الى ١٠٠ هي درجة حرارة البخار حينئذ يكون ارتفاع العمود البارومتري يساوي ٢٩.٩٤٨ بوصة على سطح البحر في عرض ٤٥

وبعد مضي زمن قليل من الغليان فان ارتفاع الزيت في درجة التجمد يزداد تدريجا وقد وجد أنه يحتاج الى اربع او خمس سنين لأجل ان تصل نقطة التجمد الى وضع ثابت بعد الغليان

٥٩ استعمال الترمومتر الزيتي محدود - لأنه من حيث ان الزيت يتجمد في درجة - ٤٠ مئنية ويغلي في درجة حرارة ٣٥٠ مئنية فيكون من الضروري حينئذ استعمال مواد أخرى لتعيين درجاة الحرارة العالية جدا أو المنخفضة جدا فيستعمل الكحول لتعيين درجات الحرارة المنخفضة جدا وهذا السائل يستعمل غالبا في انشاء الترمومترات ذات النهاية الصغرى

ودرجات الحرارة العالية جدا تعين بمشاهدة تمدد قضبان معدنية أو بعض مواد أخرى صلبة وقد عملت لهذا الغرض آلات مختلفة تسمى بالبيرومتترات

٥٣ الترمومتر الفرقى يصنع بصورتين مختلفتين فأحدهما التي قطاعها موضح في شكل ٥٠ مكونة من انبوبة



افقية متفرعة الى انبوبتين قصيرتين رأسيتين مجهزتين الى أعلى ومنتهيتين بمستودعين كرويين متساويي الحجم وهذان المستودعان يحتويان على هواء والانبوبة الافقية تحتوي على جزء قليل من مانع ملون فاصل لهواء احد المستودعين عن هواء الآخر وكمية الهواء واحدة في كلا الطرفين بحيث انه اذا كانت درجة حرارة المستودعين المذكورين واحدة تكون فقيرة

المانع ثابتة في وسط الانبوبة وإذا اختلفت درجة الحرارة فان المانع يسكن في وضع اقرب للمستودع الذي درجة حرارته اقل من الآخر حيث انه يكون ضغط الهواء فيه اقل من ضغطه في الآخر

وأما الصورة الثانية للترموتر الفرق في أن الجزئين الرئيسيين ١٢ ب لانبوبة يمتدان الى ارتفاع أكبر بكثير من الحالة الأولى والمائع يملأ جميع الجزء الافقي للانبوبة وكذلك يملأ بعض الاجزاء الرأسية والقاعدة التي اسس عليها كلا الترمومترين واحدة وانما الفرق فقط في تدرج الاجزاء الرأسية عوضا عن تدرج الجزء الافقي من الانبوبة

وبسبب كثرة حساسة هذه الترمومترات تكون مفيدة جدا لمعرفة الاختلافات الصغيرة جدا لدرجات الحرارة. وفي تدرج النوع الثاني لهذه الآلة يلزم ان يراعى ثقل المائع في الانبوبيتين الرئيسيتين
 شكل المثال الأول - كرتان مجوفتان محتويتان على كميتين متساويتين من الهواء الجوى ونصفا قطريهما الداخلين هما h_1 و h_2 ودرجتا حرارتهما هما t_1 و t_2 على التناظر والمطلوب المقارنة بين الضغوط الكلية الواقعة على سطحيهما من الداخل

لذلك نفرض أن h_1 و h_2 هما الكثافتان وحيث ان الجسمان متساويين والكميان بنسبة $h_1 : h_2$ فيكون
 $h_1 = h_2$

واذا كان h_1 و h_2 هما الضغطان المقابلان للهوائين المذكورين يكون
 $h_1 = h_2$ و $h_1 (1 + \alpha t_1)$ ، $h_2 = h_2 (1 + \alpha t_2)$
 ويكون الضغطان على السطحين المذكورين هما

$$h_1 (1 + \alpha t_1) \quad h_2 (1 + \alpha t_2)$$

والنسبة بين هذين المقدارين كالنسبة بين

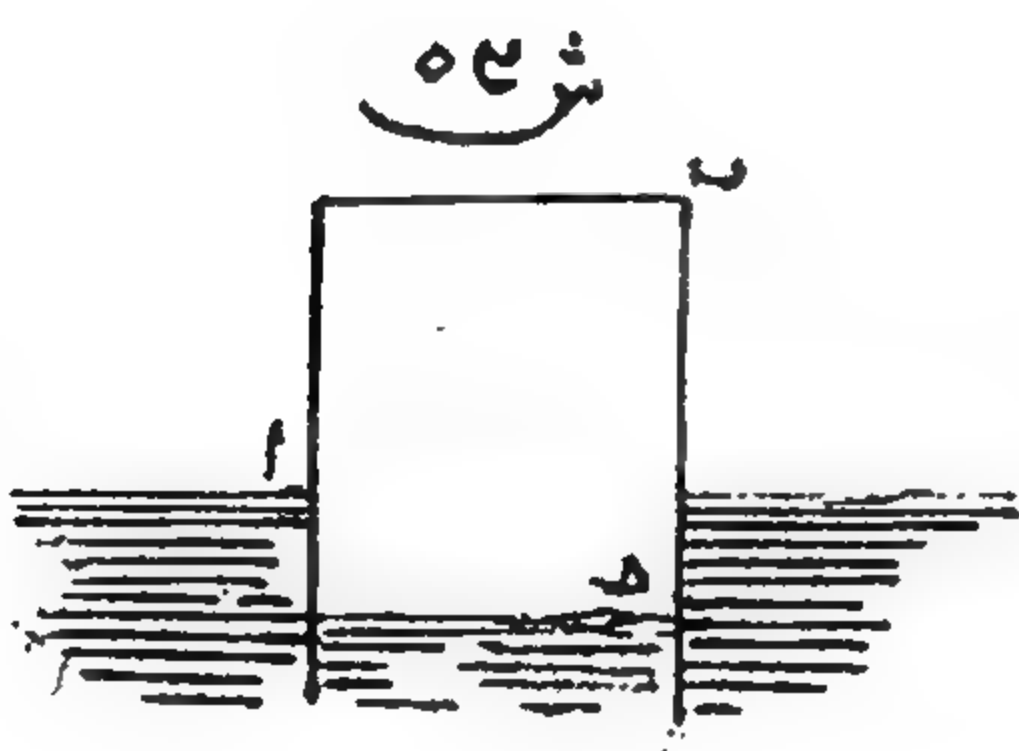
$$h_1 (1 + \alpha t_1) \quad h_2 (1 + \alpha t_2)$$

أو كالنسبة بين

$$h_1 (1 + \alpha t_1) \quad h_2 (1 + \alpha t_2)$$

المثال الثاني - اسطوانة مجوفة مفتوحة من اعلى شكل ٥٣ قلبت وغمرت جزئيا في ماء والمطلوب تعيين ارتفاع سطح الماء داخل الاسطوانة المذكورة

لذلك نرمز للطول الكلى للأسطوانة بحرف L ولطول الجزء غير المغمور بحرف l ونفرض أن h هو انخفاض السطح الداخل عن السطح الخارج وأن h_1 و h_2 هما ضغطا الهواء الجوى والهواء المضغوط في h_1 و h_2 وحيث أن يكون



$$h_1 : h_2 :: l : L \quad \text{بناء على (٥٢)}$$

ولكن $h_1 =$ ضغط الماء على السطح $h_2 =$ ضغط الهواء الجوى فيكون

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{L}{l}$$

واذا فرض ان h هو ارتفاع البارومتر المائي يكون $h_1 = h$ ويكون

$$\frac{h}{h_2} = \frac{L}{l}$$

(٥٧)

$$\frac{L}{L+H} = \frac{H+H}{H}$$

$$H + (L+H)S = (L+L)H$$

ويستخرج من هذه المعادلة مقداران للجهول S أحدهما موجب والآخر سالب فالمقدار الموجب هو الذي يكون جواباً لهذه المسئلة وأما المقدار السالب فهو نتيجة مسألة أخرى منطوقها الجبري يؤدي لنفس المعادلة ذات الدرجة الثانية التي وجدت

المثال الثالث - كمية صغيرة من الهواء تركت في الجزء العلوي لانبوبة البارومتر والمطلوب تعيين التأثير على ارتفاع العمود البارومتري

لذلك نفرض أن L هو طول الجزء العلوي للانبوبة المشغول بالكمية الصغيرة من الهواء حينما يكون كثافتها ككثافة الهواء الخارج ، S هو طول الجزء الذي تشغله كمية الهواء الصغيرة في الحالة الراهنة حينما يكون ارتفاع البارومتر الحقيقي هو H وإذا كان $ض$ هو ضغط الهواء الخارج ، $ض$ هو ضغط الهواء الموجود في المسافة S يكون

$$\frac{ض}{ض} = \frac{ض}{ض}$$

ونفرض أن H هو ارتفاع البارومتر المختل يكون

$$ض = ح ك ه ، ض + ح ك ه = ض$$

$$\frac{H-H}{H} = \frac{L}{S} \dots \dots (١)$$

وحينئذ يكون نقص العمود البارومتري هو $\frac{L}{S}$ بوصة

وحيث أن $\frac{H}{H} = ١ - \frac{L}{S}$ بناء على معادلة (١) فيكون $\frac{L}{S}$ بوصة هو نقص العمود البارومتري

وحينئذ إذا كان L معلوما ورصد H ، S فيمكن استخراج ارتفاع البارومتر الحقيقي

وأما إذا كان L غير معلوم فيمكن استخراج S من معادلة (١) بعد أن يجعل جملة أرصاد للمقادير H ، S وللارتفاع H للبارومتر الحقيقي

اختبار في الباب الخامس

- (١) ما تأثير الحرارة على قوة مرونة الهواء والغاز
- (٢) إذا كانت درجة ترمومتر فهرنهايت ٤٠ فما تكون الدرجة المقابلة لها في ترمومتر ريمور وفي الترمومتر المئوي

(٣) المطلوب شرح طريقة بها يعرف أن الهواء جسم ثقيل

(٤) إذا كان ارتفاع البارومتر الزئبقي ٣٠ بوصة فما يكون ارتفاع البارومتر المكون من مائع ثقله

التوضيح ٥١٦

(٥) أناء مكعب الشكل طول أحد أحرافه قدم محتو على هواء ومنتظ هذا الهواء في أناء آخر مكعب الشكل

أيضا طول أحد أحرافه بوصة والمطلوب المقارنة بين مقدار الضغطين الواقعين على وجهي الانائين

المذكورين

(٦) المطلوب بيان الارتباط الواقع بين الضغط والكثافة ودرجة الحرارة لغاز - كرة قطرها قدم محتوية على هواء وضغط هذا الهواء في كرة أخرى قطرها ١ بوصات فازدادت درجة الحرارة $\frac{1}{2}$ درجة والمطلوب المقارنة بين ضغطي هوائى هاتين الحالتين ثم المقارنة بين الضغطين الواقعين على سطحى الكرتين المذكورتين أيضا

(٧) المطلوب شرح المص وفعله - وما هو التأثير الناتج من عمل فتحة صغيرة في أعلى نقطة من المص

(٨) المطلوب بيان كيفية تعيين نقطة الغليان في الترمومتر

(٩) اذا وضع البارومتر في وضع غير رأسي فايكون التأثير الذي يحصل في طول عمود الزئبق

(١٠) اذا كان مجموع القرائتين في ترمومتر فانهيت والترمومتر المئينى صفرا لدرجة حرارة واحدة فما هي قراءة كل من الترمومتريين المذكورين

(١١) اذا كان ارتفاع البارومتر ٢٥ بوصة على قمة جبل فايكون التأثير على فعل المص في هذا الموضع
(١٢) اذا ملئ مصم بالزئبق ووضع بحيث ان فريعه يكونان متجهين الى اسفل ونهايتاه مغلوقتان فما يكون التأثير الناتج من فتح النهايتين المذكورتين حينئذ يكونان في مستواقي واحد وحينئذ يكونان في مستوي افقي أيضا

(١٣) اناء اسطوانى محتوي على ماء والمطلوب معرفة التأثير الذي يحدث من تغير ارتفاع البارومتر على الضغوط الواقعة على القاعدة وعلى السطح المنحنى للأسطوانة وما مقدار هذا التأثير

(١٤) قطعة من الخشب وزنها في الهواء كوزن قطعة من الحديد فايها يكون اثقل من الآخر في الحقيقة

(١٥) المطلوب اختبار التأثيرين الناتجين من عمل فتحة صغيرة في الفرع الطويل من البارومتر ثم في الفرع القصير منه

(١٦) ماهي منفعة وجود الثقب الصغير الذي يعمل في غطاء ابريق الشاي

(١٧) اذا فرض أنه صار تفريغ نصف الهواء الموجود في نصف كرة مجد بوزج التي قطرها $\frac{1}{4}$ قدم فما مقدار القوة التي تلزم لفصلها بفرض ان مقدار الضغط الجوي ١٥ رطلا على كل بوصة مربعة

(١٨) اذا وجدت قطعة زجاج على سطح الزئبق في البارومتر فهل يكون ارتفاع الزئبق أعلى أم اسفل بسبب ذلك

(١٩) هل يحصل تغير في فعل المص باختلاف سطح الزئبق في البارومتر

(٢٠) اذا كان ثقل محمول بخيط من نقطة معينة منه وغمر جزئيا في الماء فهل كلما ارتفع الزئبق في البارومتر شدة الخيط تزيد أم تنقص

(٢١) مثانة مليئة ثمنها بالهواء للجوى ووضعت تحت ناقوس الآلة المفرغة وكانت سعة الناقوس ضعف سعة

اسطوانة المكبس والمطلوب البرهنة على انه يحصل تمام التمدد قبل انتهاء الرحلة السادسة

أمثلة

(١) درجة حرارة الهواء الموجود في طرف قابل للتمدد ارتفعت تدريجيا الى $\frac{1}{2}$ ثم تمدد الطرف المذكور

الى

الى أن صار قطع هـ مرأت قطع الأصلي والمطلوب المقارنة بين ضغطي الهواء في كلتا الحالين
(٢) حجم ما من الهواء ساكن غير متأثر بأدنى قوة ودرجة حرارة متغيرة وكانت درجات الحرارة في جنبلة
نقط منه مكونة لتواليه عديدة والمطلوب البرهنة على أن الكثافات في هذه النقط تكون مكونة
لتواليه دفتين

(٣) ثقل معلوم من سائل مرث ثقل درجة حرارته منتظمة حصرياً في اسطوانة ملسة رأسية بواسطة مكبس
ذی ثقل معلوم والمطلوب بيان طريقة تعيين حجم السائل المذكور

(٤) مجسم من الهواء درجة حرارته هـ موجود في اسطوانة مثبت فيها مكبس محكم وكان ضغط الهواء المذكور
على ذلك المكبس قدره و ثم انضغط الهواء المذكور فجأة الى أن صار حجمه $\frac{1}{3}$ من حجمه الأصلي وتغيرت
درجة حرارته وصارت و والمطلوب معرفة مقدار الضغط على المكبس المذكور

(٥) مكبس متحرك باطلاق في اسطوانة مغلقة غلقاً محكم محورها رأسي وحينما يكون المكبس المذكور في
منتصف الاسطوانة تكون كثافتا الهواء الموجود أعلاه وأسفله واحدة والمطلوب تعيين وضع
توازن المكبس المذكور

(٦) اسطوانة رأسية مغلقة مملئة نصفها بالماء والنصف الآخر مشغول بهواء ذي كثافة و درجة حرارة
معلومتين رفعت درجة حرارته الى و درجات والمطلوب تعيين ازدياد الضغط الكلي على القاعدة
وعلى السطح المخني للأسطوانة المذكورة

(٧) المطلوب تعيين أعظم ارتفاع يمكن أن يرفع اليه مائع كثافته ك بواسطة ممر حينما يكون ارتفاع
البارومتر هـ

(٨) هـ هـ هما ارتفاعا سطح الزيت في انبوبة البارومتر أعلى سطحه في الخوض في وقتين مختلفين والمطلوب
المقارنة بين كثافتى الهواء في هذين الوقتين بفرض أن درجة الحرارة ثابتة

(٩) اسطوانة رأسية محتوية على هواء اغلقت بمكبس مربوط من مركزه بخيط مرث مربوط في قاعدة الاسطوانة
أيضاً وأخذ الخيط المذكور طوله الحقيقي عند توازن المكبس والمطلوب تعيين التأثير الذي يحصل على
طول الخيط بازدياد درجة حرارة الهواء في الاسطوانة عدد معلوم من الدرجات

(١٠) غاصت اسطوانة تحت مستودع الآلة المفرغة الى عمق يساوى ثلاثة ارباع محورها والمطلوب تعيين
التغير الذي يحصل في عمق الانغمار عند دخول الهواء (الذي ثقله النوعى = ١.٣) .

(١١) مجسم عائى في سائل قلب عليه اناء مجوف وضغط على الاناء المذكور والمطلوب معرفة التأثير الذي
يحدث في وضع الجسم أولاً بالنسبة لسطح السائل داخل الاناء وثانياً بالنسبة لسطح السائل الخارج

(١٢) ماسورة طولها ١٥ قدم نهايتها العليا مغلقة وضعت رأسية في خوض ارتفاعه عين الارتفاع
المذكور وملى الخوض بالماء والمطلوب الايضاح على أنه اذا كان ارتفاع البارومتر المائى ٣٣ قدم

و ٩ بوصة فالماء يرتفع ٣ قدم و ٩ بوصة في الماسورة

(١٣) اناء على شكل منشور قاعدة مسدس منتظم ملئ بالهواء والمطلوب البرهنة على أنه اذا امكن تحريك كل وجه مستطيل من المنشور بالاطلاق حول أحدى أضغط المنشور بحيث ان قاعدة صارت مثلثا متساوى الأضلاع. فنضغط الهواء الداخل يترداد بنسبة ٣ الى ٢

(١٤) كوبة مخروطية الشكل غمرت في ماء مقلوبة والمطلوب معرفة العمق الذي تنغمر اليه بحيث ان الماء يرتفع داخلها الى نصف ارتفاعها

(١٥) اناء محتوي على ماء فيه ظرف مجوف صلب مفتوح من قاعه وملوء جزئيا بالهواء وهذا الطرف على وشك الغرق واغلقت فتحة الاناء بسدادة مرنة بينها وبين الماء جزء صغيره ملوء بالهواء فالضغط على السدادة يفرق الطرف المذكور والمطلوب معرفة سبب ذلك

(١٦) علق بارومتر من طرفه العلوي بخيط في اناء محتو على ماء بحيث ان يكون جزء من الخيط المذكور مغمورا في الماء والمطلوب تعيين ارتفاع الزئبق وشدة الخيط ثم اذا زيد الماء في الاناء فما يكون التأثير على شدة الخيط المذكور

(١٧) مكبس ثقله يساوى الضغط الجوي الواقع على أحد وجهيه وضع في منتصف اسطه انة مجوفة قطرها مساو لقطر المكبس تاركا من الجهتين مسافة قدرها ١ ملوء به بالهواء الجوي ثم غلقت الاسطوانة المذكورة ووضعت مائلة على الرأسى بزاوية قدرها ١ والمطلوب البرهان على أن المكبس المذكور يسكن على بعد من وضعه الأصلي قدره $1 \left[(1 + \frac{1}{2}) \right]$ - قتا ١

(١٨) اسطوانة مفتوحة الطرفين غمر جزء منها في الماء رأسيا ثم غلق الطرف العلوي ورفعت الاسطوانة الى أن صار طرفها السفلي قريبا جدا من سطح الماء الخارج والمطلوب تعيين الارتفاع الذي يصل اليه الماء داخلها

(١٩) بارومتران متساويا الطول والقطاع محتوكل منهما على كمية صغيرة من الهواء وكانت قرآتاها في وقت ما هـ م وفي وقت آخر هـ م والمطلوب المقارنة بين كيتي الهواء الموجودة فيها

(٢٠) المطلوب تعيين وضع الفقيعة من (شكل ٩٣ د) حينما تكون درجة حرارة المستودعين ١٥ د

(٢١) المطلوب حساب الفرق بين ارتفاعي المائعين في الانبوبتين الرأسيتين للترصومت الفرق في الصورة الثانية حينما تكون درجة حرارة المستودعين ١٥ د

الباب السادس

ناقوس الغواص - الطلبة المعتادة - الطلبة الراضة - الطلبة الكابسة - طلبة الحرائق - مضغط براما - الآلة المفرغة - (طلبات الهواء)

ناقوس الغواص

شده ناقوس الغواص عبارة عن اناء من حديد على شكل ناقوس كبير مفتوح من قاعه ومحتو على محلات لجلس جملة اشخاص وثقله أكبر من ثقل الماء الذي يمكن ان يحتوي عليه رحيما يغمر في الماء بواسطة سلسلة فيسقط

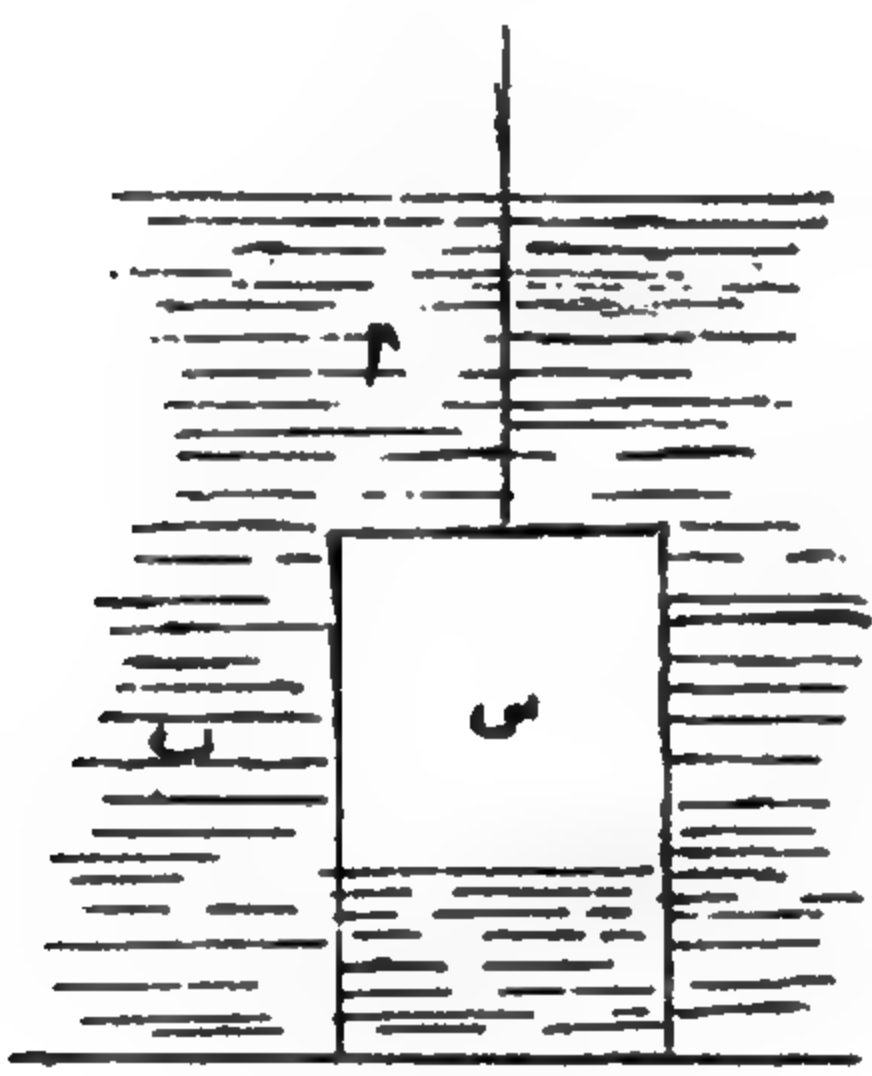
فينضغط الهواء الموجود داخله ويمنع الماء من الارتفاع في الناقوس زيادة عن حد معلوم والاستخاص
الموجودة داخله يمكنهم النزول الى عمق عظيم بدون خطر

وحينا يخط سطح الماء داخل الناقوس بقدر $\frac{3}{4}$ قدم عن السطح الخارج يملاء نصف الناقوس بالماء وضغط
الهواء يزداد طبعاً بازدياد الانحطاط والصعوبة الناتجة من هذا الانضغاط تزال يكبس هواء جديد
بواسطة انبوبة قابلة للاثناء مفتوحة تحت فتحة الناقوس ويوجد ايضا طرف لافراج الهواء بعد أن
يصير غير صالح للتنفس

شدة السلسلة - شدة السلسلة تساوى ثقل الناقوس وطروحاته ثقل الماء المحذوف بالناقوس وبالهواء
الموجود داخله وحينئذ يتضح من ذلك انه ان لم يكبس في الناقوس هواء جديد من الخارج فان شدة
السلسلة تزداد بازدياد انخفاض الناقوس

١٩٦ - اذا فرض ان الناقوس اسطوانى وانه لا يدخل فيه هواء من الخارج والمطلوب إيجاد الارتفاع
الذى يصل اليه الماء في الناقوس يقال

انه اذا كان الناقوس مغمورا جزئيا فيقول الامر الى الحالة التي ذكرت في المثال الثاني من الباب الخامس
واما اذا كان الناقوس مغمورا كلياً كما في شكل ٥٠ فترمز طول الاسطوانة



بالرمز $ب$ ولا انحطاط قاعدتها العليا عن سطح الماء الخارج بالرمز $ا$ ولا ارتفاع
الجزء المشغول بالهواء بالرمز $س$ وحينئذ يكون

$$\text{صنط الهواء الداخل} = \text{ض} \times \frac{\text{ب}}{\text{س}} = \text{ض} + \text{حك} (ا + س)$$

$$\text{واذا كان} \quad \text{ض} = \text{حك} \quad \text{هـ يكون}$$

$$\text{هـ} = (ا + س) س + س$$

شكل ٥٠

ومقدار $س$ الموجب من هذه المعادلة هو المقدار المطلوب كما تقدم

واذا فرض ان $م$ هي مساحة القاعدة العليا للناقوس وقطع النظر عن شكله فجم الماء المحذوف يكون
 $م س$ وشدة السلسلة تساوى حينئذ ثقل الناقوس - $حك م س$

الطلبية المعتادة



شكل ٥١

١٩٧ - الطلبية الأكثر استعمالاً هي الطلبية الماصة المبين قطاعها الرأسى في شكل ٥١

وفيه $ا ب$ $ا ب$ $ا ب$ اسطوانتان متحدتان المحور $ا م$ مكبس يتحرك في المسافة $ا ب$
بواسطة ساق رأسى متصل بمقبض $ا$ فوهة موجودة أعلى $ا$ بقليل $ا ب$
سطح الماء الذى فيه ينغم بعض الجزء الأسفل من الطلبية ويوجد في المكبس وفي
القاعدة $ب$ صامان يفتحان الى أعلا

تسخيل الطلبية - اذا فرض ان المكبس في $ب$ والطلبية مملوءة بالهواء الجوى
المعتاد فبرفع المكبس المذكور فان الهواء الموجود في $ب$ يفتح الصمام $ب$

ويتمدد كلما صعد المكبس ويكون ضغطه حينئذ أقل من ضغط الجو في خارج الطلمبة وعليه فضغط الجو على سطح الماء الخارج يرفع الماء في الماسورة بى الى ان يصير الضغط فى بى مساو لضغط الجو وبارتفاع المكبس يرتفع الماء فى بى وضغط الهواء على السطح العلوى للمكبس يجعل الصمام مغلقا حال صعود المكبس وحينما ينزل المكبس يغلق الصمام ب والهواء الموجود فى م ب ينضغط ويفتح الصمام م ويخرج منه ويتكرر هذه العملية يصعد الماء من الصمام ب وعند نزول المكبس بالثاني ينفذ الماء من الصمام م ويخرج من الفوهة ويستمر على ذلك

والارتفاع بى يلزم ان يكون أقل من الارتفاع ه للبارومتر المائى والا فالماء لا يرتفع ابدا الى الصمام ب وليس من الضروري أن تكون الطلمبة مركبة من اسطوانتين بل ان اسطوانة واحدة بصمام فى موضع ما أسفل أدنى نقطة من درجة المكبس تكون كافية بحيث لا يكون هذا الموضع مرتفعا عن سطح الماء الاصلى زيادة عن ٣٣ قدم وعلى أى حال يلزم ان يكون لخطاط سطح الماء الاصلى عن موضع الصمام الأسفل أقل من ٣٣ قدم والافقية الماء التى ترتفع بالمكبس فى كل درجة تكون قليلة

والماسورتان فى الشكل مستقيمتان ولكن ذلك ليس ضروريا لتشغيل الطلمبة حيث ان الماسورة التى أسفل درجة المكبس يمكن ان تكون بأى شكل كان ويمكن ان تدخل فى الماء افقيا على بعد ما من الجزء العلوى للطلمبة ١٩٨ شدة ساق المكبس - اذا ارتفع الماء فى بى الى ه حينما يكون المكبس فى م فالضغط ض للهواء الموجود فى م ه يساوى ضغط الماء فى ه = الضغط فى بى - ح ك × ه بى = ض - ح ك × ه بى لكن اذا كانت م هى مساحة المكبس فالشدة على الساق تكون هى الفرق بين ضغط الجو الواقع على قرص المكبس من أعلى وبين الضغط ض م الواقع أسفله أعنى

$$(ض - م) \text{ أو } ح ك \times ه بى \times م$$

فاذا اخذت البوصة وحدة للطول وفرض ان ه ارتفاع البارومتر المائى بالبوصة وأن ح ك ه = ١٥ رطل تقريبا فالشدة المطلوبة تساوى ١٥ × $\frac{ه بى \times م}{ه}$ رطل

١٩٩ لايجاد الارتفاع الذى يصل اليه الماء فى مدة درجة واحدة للمكبس نفرض ان ه ، و هما سطح الماء فى ابتداء وانتهاء درجة واحدة صعد فيها المكبس أعنى حينما يرتفع المكبس من ب الى ٢ وحينئذ فالهواء الذى كان مشاعلا فى ابتداء الدرجة المسافة ب ه يشغل فى انتهائها المسافة او ويكون الضغطان بفرض ان ض = ح ك ه على التناظر هما

$$ح ك (ه - ه بى) \text{ ح ك } (ه - ه بى) \text{ وعليه يكون}$$

$$ه - ه بى : ه - ه بى :: حجم او : حجم بى$$

واذا كان ه ، ه هما نصف قطر الاسطوانتين (شكل ١٩٧) يكون

$$\text{حجم او} = ط ه \times ١٢ + ط ه \times ب و = ط ه \times ١٢ + ط ه (ه بى - ه بى) ط$$

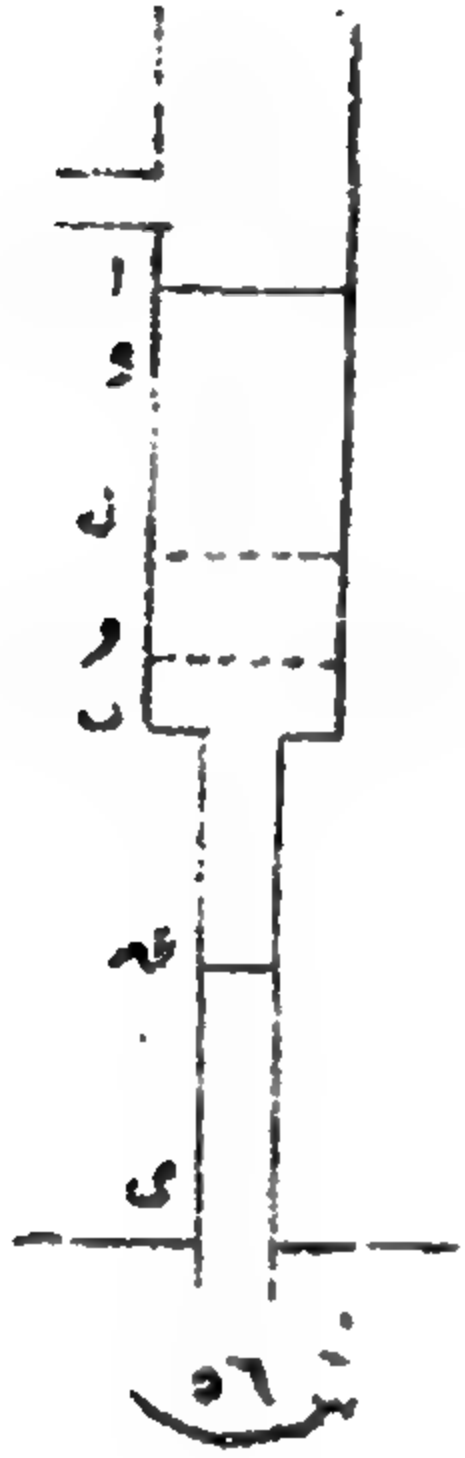
$$\text{حجم بى} = ط ه \times ب و = ط ه (ه بى - ه بى) ط ويكون$$

$$\frac{ه - ه بى}{ه - ه بى} =$$

(٦٣)

$$\frac{هـ - وى}{هـ - وى} = \frac{نوعه \times اب + نوعه (بى - وى)}{نوعه (بى - وى)}$$

وليستخرج من هذه المعادلة مقدار وى بالنسبة لأى مقدار يعطى الى وى
متد اذا كانت رجة المكبس أقل من اب كالمسافة ال مثلا شكل ٢٠ فيلزم حينئذ ان يكون لى
أقل من هـ وزيادة على ذلك فأن يوجد حدا معلوما لوضع نقطة ل



لأنه اذا كان هـ هو سطح الماء حينما يكون المكبس م فى ٢ فعند نزوله ينغلق
الصمام ب ولا يفتح الصمام م الا اذا صار ضغط الهواء فى م ب أكبر من ضغط الجو
وحينما يكون المكبس م فى ٢ فضغط الهواء اسفله يساوى حكه (هـ - وى)
وان لم يفتح الصمام قبل وصول م الى ل يكون ضغط الهواء فى ل ب مساويا
الى حكه (هـ - وى) $\frac{اب}{ل}$ الذى يلزم ان يكون أكبر من حكه هـ وحينئذ فيلزم
ان يكون هـ \times ال < اب \times وى وعليه فلا جمل التأكد من فتح الصمام حينما
يكون سطح الماء اسفل ب يلزم ان يكون

$$هـ \times ال < اب \times وى$$

اعنى ان نسبة ال الى اب يلزم ان تكون على الاقل جزءا مساويا لنسبة بى الى هـ
ومع كون هذا الشرط ضروريا فى جميع الاحوال الا أنه يمكن ان لا يكون كافيا
لأنه اذا فرض ان م فى ١ وان سطح الماء فى و فنق هذه الحالة يكون ضغط الهواء فى ١ و مساويا الى
حكه (هـ - وى)

وحينما ينزل المكبس الى ل يكون الضغط فى ل و مساويا الى حكه (هـ - وى) $\frac{اب}{ل}$ الذى يلزم ان يكون أكبر
من حكه هـ وعليه يلزم ان يكون

$$هـ \times ال < اب \times وى$$

ولكن أعظم مقدار للحاصل او \times وى هو $\frac{١}{٢}$ أى ويلزم ان يكون حينئذ
هـ \times ال < $\frac{١}{٢}$ أى

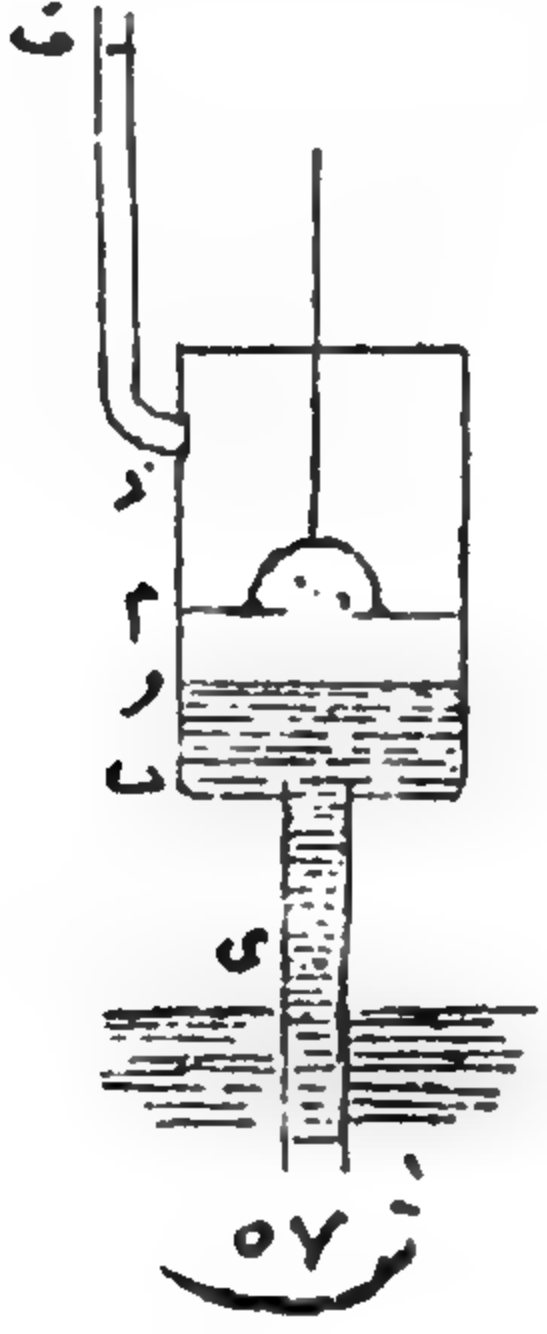
وحيث ان $\frac{١}{٢}$ أى أكبر من $١ \times وى$ ما لم تكن ب فى منتصف أى فينتج من ذلك ان هذا الشرط لا يخير
يحتوى على الشرط السابق الذى يكون حينئذ غير كاف غالبا

وهذه الشروط يلزم ان تكون مستوفية أيضا فى الحالة التى تكون الطلمبة لها اسطوانة واحدة
متد متدة ساق المكبس حينما تكون الطلمبة فى حالة التشغيل التام

اذا فرض فى البند السابق ان وى = هـ فيرى أنه فى كل رجة يصعد فيها المكبس يرفع الجسم بول من الماء وعليه
فتكون شدة الساق اثناء صعود المكبس هى حكه (هـ + ل) الى ان يبتدئ تصريف الماء من الفوهة
ومتى وصل المكبس الى استواء الفوهة فإن الماء المرفوع يكون قد انصرف بتمامه وعند نزول المكبس تكون شدة الساق

الطلبية الرافعة

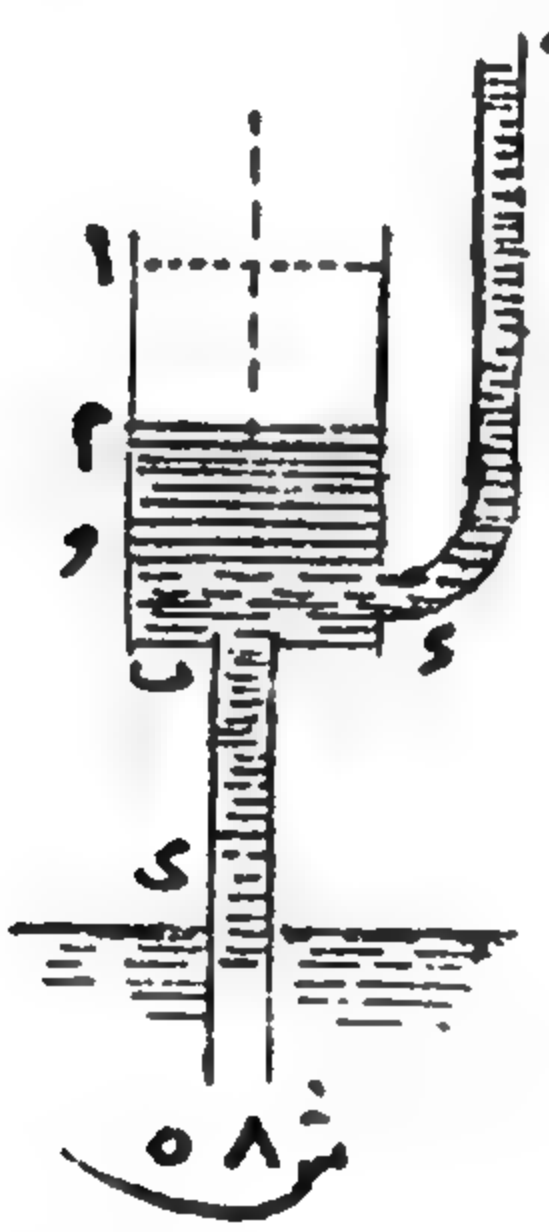
تتخذ بواسطة هذه الآلة يمكن رفع الماء الى ارتفاع ما وهي تتركب من اسطوانتين شكل ٥٧ يتحرك في العلية منها مكبس م وساق المكبس يمر من زناق محكم مانع لنفوذ الهواء ويوجد في هـ صمام يفتح الى الخارج ويوصل الى ماسورة رأسية وحينما يصعد المكبس رافعا للماء فيفتح الصمام هـ ويرتفع الماء في الماسورة وحينما ينزل المكبس ينغلق الصمام المذكور وحينئذ فتزداد كمية الماء في الماسورة في كل رجة ونهاية الارتفاع الذي يمكن أن يصل اليه الماء يتعلق بمقاومة الطلبية وبالقوة التي يرفع بها المكبس



شدة الساق - اذا كان $y = w$ هـ فالمكبس يرفع الجسم د و في كل رجة وحيث أن الهواء يكون قد طرد من الطلبية قبل أن تشتغل تشغيلاً تاماً فتكون الشدة مساوية الى ذلك م لا و الى ان يصل الماء الى الصمام هـ وعند ذلك فيلزم ازدياد القوة الواقعة على ساق المكبس الى ان يفتح الصمام هـ بضغط الماء أعنى الى أن يكون الضغط مساوياً الى ذلك (هـ + د) ف هي سطح الماء في الماسورة وحينئذ يصعد الماء في الماسورة وتزداد شدة الساق بازدياد ارتفاع السطح في

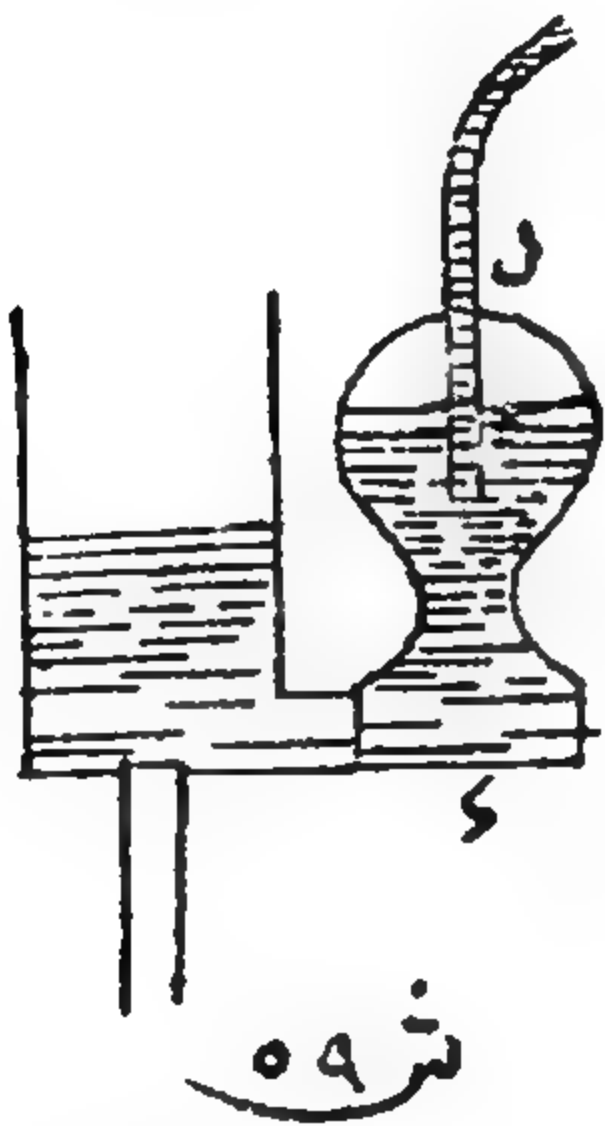
الطلبية الكابسة

تتخذ في هذه الطلبية شكله يكون المكبس م مصمت ويتحرك في المسافة او ب ا و صامان يفتحان الى اعلى ، و ماسورة خارجية من ا ب



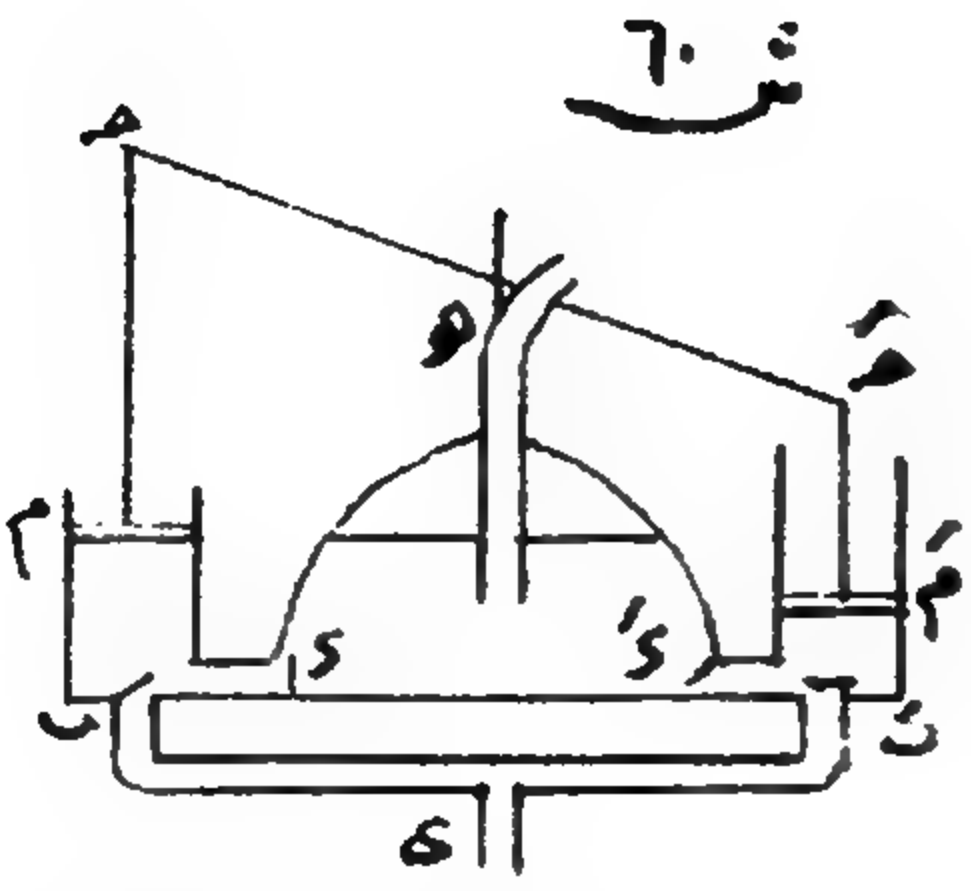
وفي ابتداء تشغيل هذه الطلبية تشتغل كطلبية معتادة فكما نزل المكبس يطرد الهواء من هـ ويرتفع الماء في دى ومتى نفذ الماء من ب ونزل المكبس فإنه يدخله من هـ وعند صعود المكبس ينغلق الصمام هـ وينفذ الماء أيضا من ب وينزل المكبس مرة ثانية فإنه يدخل الماء أيضا من هـ وهكذا ويرى من ذلك انه يمكن كبس الماء الى ارتفاع ما بحسب مقاومة الآلة وقوتها

وفي هذه الحالة يكون الماء المنصرف من فوهة الماسورة متقطعا لكن يمكن الحصول على تصرف مستمر باستعمال اناة هوائيتين د ل شكل ٥٩ تخرج منه الماسورة الرأسية الى أعلى وبانضغاط الهواء الموجود في الجزء العلوى من الاناء المذكور يحدث ضغطا مستقرا متغيرا على سطح الماء الموجود فيه واذا كان حجم الاناء موافقا لحجم الطلبية ولدرجة تشغيلها فضغط الهواء لا يفقد قوته قبل ان يقع عليه ضغط جديد من الماء وحينئذ فيحصل على وجود تصرف مستمر متغير من الماسورة الرأسية



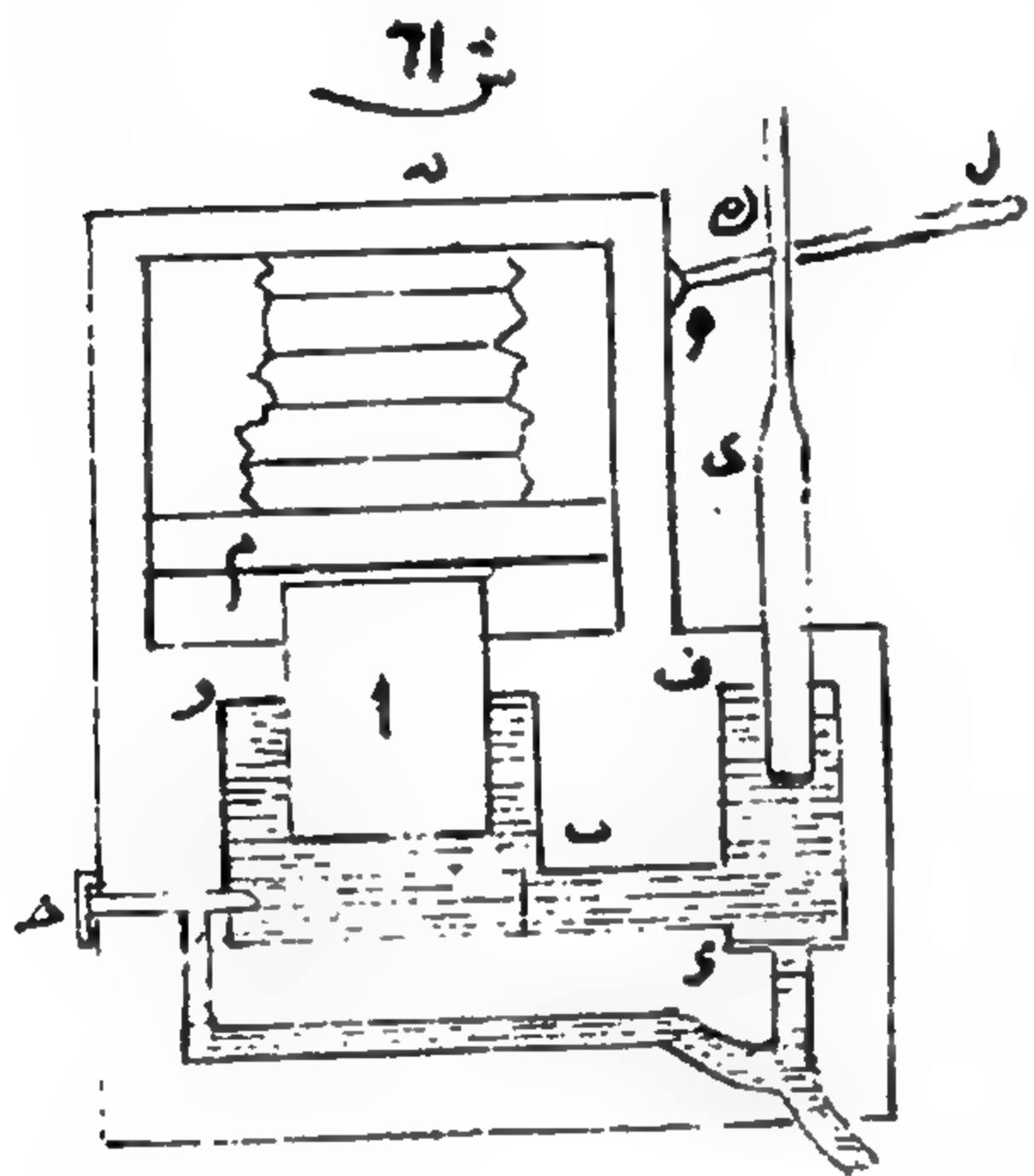
طلبية الحداثق

تتخذ طلبية الحداثق شكلت عبارة عن طلبية كابسة ذات اناة هوائى كالطلبية السابق وضعها وتتركب من



من اسطوانتين مستطيرفتين بأداء هوائى والمكبسان يتحركان بواسطة رافعة
 حركية بحيث انه عند صعود احدهما ينخفض الآخر والماسورة الرأسية الخارجة من الأناء
 الهوائى متصلة بماسورة أخرى مرنة مصنوعة من الجلد وبها يمكن توجيه الماء الى أى اتجاه ما
 مضغط براماً

سند هذه الآلة هي تطبيق على لقاعدة انتقال ضغط السوائل وفي شكل ٦١ فيه القطاع الرأسى للآلة المذكورة



المكبسان صممتان يتحركان في منفذين بالتحكيم ، و ب ف اسطوانتان
 مجوفتان متيدنتان مستطيرفتان معا بواسطة ماسورة ب و وفي ب يوجد صمام
 يفتح الى الداخل ويوجد في د صمام يفتح الى أعلى وماسورة د واصله كحوض
 به ماء م طبلية متحركة توضع عليها المراد المراد ضغطها ، ان حاجز متين
 ه ك رافعة تشغيل المكبس ي ه نقطة ارتكازها ا ل يدها

تشغيل المضغط - اذا فرض ان المسافتين و ب ، ف د ملوئتان بالماء ، ف إذا
 موضع له ف يرفع ف فان ضغط الجو يدخل ماء الحوض في ف د وعند نزول ي

بالتالى يغلغ الصمام د وينفتح الصمام ب ويدخل جزء من الماء الموجود في ف د داخل و ب ويرتفع حينئذ
 المكبس ا وبلا استمرار على هذا المنوال يحصل على انضغاط المادة بين م ، ك بقدر ما يراى ويوجد في ح حقيقة
 تقع بعد تمام الانضغاط

التوقع المتحصلة - اذا كانت ه ه هو القوة الواقعة على يد الرافعة فتكون القوة الواقعة على ي من أسفل الى أعلا مساوية
 الى ه ه $\times \frac{ه ل}{ه ك}$

واذا فرض ان ه ه ه ه نصف قطر الاسطوانتين ي ٢١ ، ه ه هو ضغط الماء بالنسبة للوحدة السطحية يكون
 ط ه ه ه = ه ه $\times \frac{ه ل}{ه ك}$

ويكون الضغط على مساويا الى

$$ط ه ه ه = ه ه \times \frac{ه ل}{ه ك} \times \frac{ه ل}{ه ك}$$

ويرى من ذلك انه بازدياد النسبة الكائنة بين ه ه ه ه يمكن الحصول على أى ضغط ما

قد سلطنا في شرح تشغيل المضغط ان الاسطوانتين في مبدأ الأمر كانتا مملوءتين بالماء فاذا لم يكن الأمر كذلك فأن الماء
 يمتص من الحوض بفعل المكبس ي ومهما كان هناك من الهواء داخل الآلة فأنه ينضغط الى ان يصير ضغطه
 مساو لضغط الماء

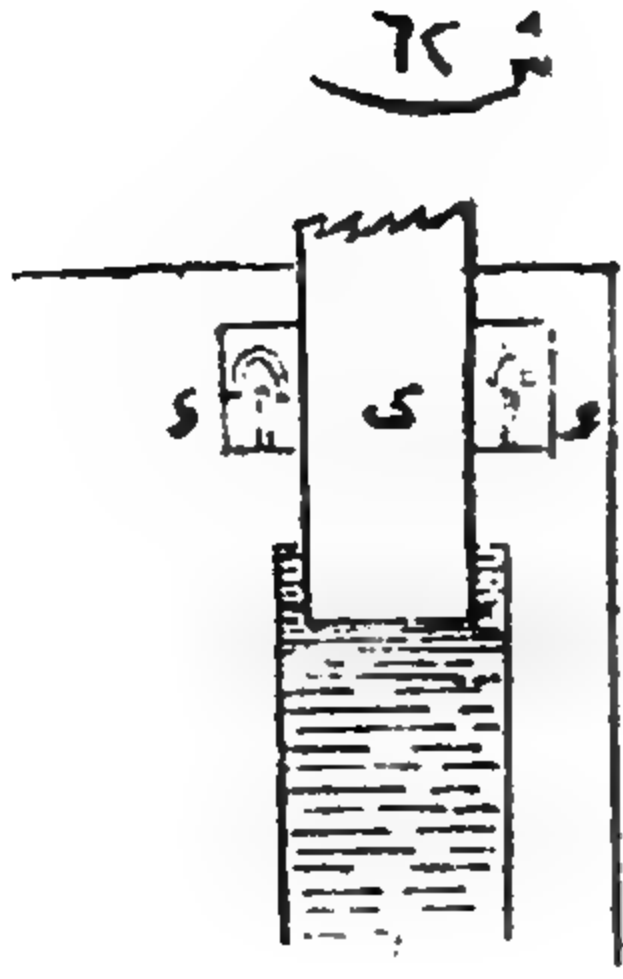
وقد استعملت مضاعف من هذا القبيل في رفع المكبرى البريطانية الى محله على بوزان ميني

سند الجزء ي من الآلة يسمى أحيانا بمكبس الطبية وأن الأمر انهم في هذه الآلة هو تحكيم الزناقين

و ، ف لأنه بدون ذلك ينفذ الماء المضغط من خلال المكبس والاسطوانة المجوفة المتحرك فيها ذلك المكبس

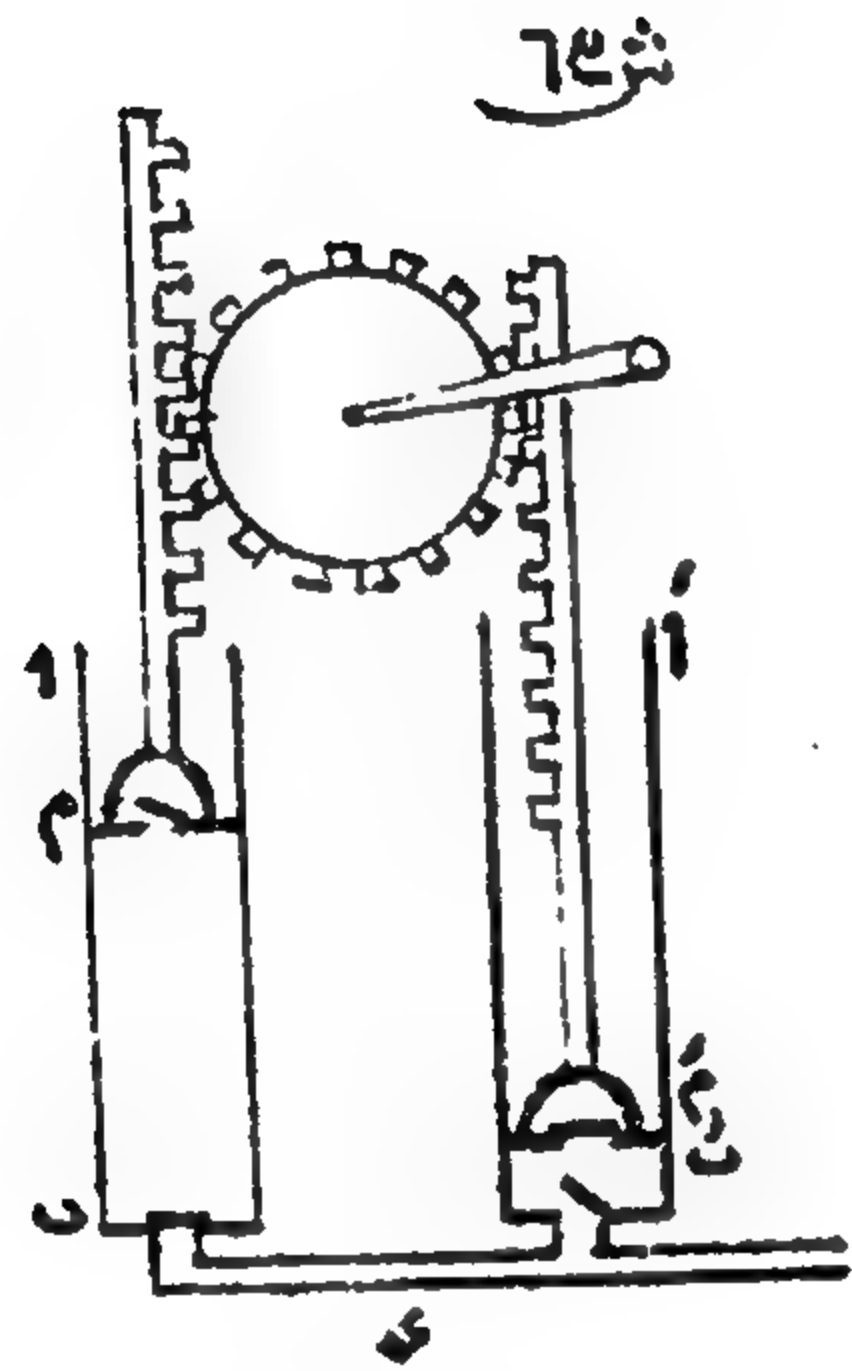
ولذلك تمل فحة د و حول المكبس كما في شكل ٦٢ ويرضع فيها قطعة من الجلد ملتفة على حلقة معدنية كافية

الشكل الذي هو عبارة عن القطاع الرأسي للمكبس والزناق الذي يرى منه أن الماء المضغوط على الجبلد من أسفل إلى أعلاه يجعله ملاصقا للسطح الجانبي للمكبس وكلما زاد الضغط المذكور يزداد التماس حتى أنه لا يمكن نفوذ الماء مطلقا الا اذا تمزق الجبلد المذكور



الآلة المفرغمة (طلمبة الهواء) المنوبة الى هوكسي

٧٣ هذه الآلة تتكون من اسطوانتين ا، ب، آت شكلت مستطيرفتين بحوض هوائي بواسطة الماسورة ي المتصلة بالماسورتين ب، ت ومن مكبسين م، ن، م يتحركان في الاسطوانتين المذكورتين بواسطة طارة مسننة ويوجد في ب، ت وفي المكبسين صمامات تنفتح جميعها الى أعلى



فاذا فرض ان م في أعلى موضع له وأن ن في أدنى موضع له وصار تدوير الطارة المسننة الى ان ينخفض م ويرتفع ن فالصمام ب ينغلق ويضغط الهواء الموجود في م ب يخرج من الصمام م وعند ذلك يكون الصمام م مغلقا وينفذ جانب من الهواء الموجود في الحوض الهوائي من ت داخل م ت

وبدوران الطارة وتزول المكبس م ينغلق الصمام ت والهواء الموجود في م ت ينفذ من م وعند ذلك يكون الصمام م مغلقا وينفذ جانب من الهواء الموجود في الحوض من ب ويرى من ذلك أنه في كل درجة للمكبس يخرج جزء من الهواء الموجود في الحوض وبالاتمرار على ذلك يتصل على درجة تفريغ نهايتها تمدد بشغل الصمام الذي يلزم وفنه يضغط الهواء أسفل

فاذا فرض أن ١ هو حجم الحوض الهوائي وأن ب هو حجم كل من الاسطوانتين وأن ك هي كثافة الهواء الجوى ولان ك، ب، ١، ٢، ٣، ٤، ٥، ٦، ٧، ٨، ٩ هي كثافات الهواء في الحوض بعد انخفاض المكبس في المرة الأولى والثانية والثالثة وهكذا الى هـ

فبعد الدرجة الأولى فإن الهواء الذي كان شاعلا للحجم ١ يشغل الحجم ١ + ب وعليه يكون

$$ك = (١ + ب) = ١$$

وبالمثل يكون

$$ك = (١ + ب) = ١$$

$$ك = (١ + ب) = ١$$

وبعد درجات عددها هـ يكون

$$ك = (١ + ب) = ١$$

وحينئذ اذا كان ض من ضغط الهواء في الحوض بعد درجات عددها هـ ض من ضغط الهواء الجوى

$$فانه يكون \frac{ض}{ك} = \frac{ك}{ك} = \frac{ك}{(١ + ب)}$$

وفي تشغيل هذه الآلة تكون القوة المطلوبة هي القوة التي يلزم أن تتغلب على الاحتكاك مضافا إليه فرق الضغطين الواقعين على أسفل المكبس حيث أن الضغطين الواقعين على سطحها العلويين متساويان وقد يرى أنه لا يمكن الحصول على فراغ تام لهذه الآلة إنما حيث أن الكفاءة تتناقص على حسب متوالية هندسية بازياد عدد الرجاءات فيمكن اخراج مقدار عظيم من الهواء إذا كانت الآلة مصنوعة باعتناء كاف

اختبار في الباب السادس

(١) انزل ناقوس الغواص الى أن صار سطح الماء الداخل منقطع عن سطح الماء الخارج بقدر ٦٦ قدما والمطلوب معرفة مقدار انضغاط الهواء بالتقريب

(٢) إذا علمت فتحة صغيرة في ظهر ناقوس الغواص فهل يدخل فيه الماء أو يخرج منه الهواء

(٣) المطلوب شرح الطلبة المعتادة - ولأي ارتفاع يرتفع اليه التزيق بواسطة الطلبة

(٤) المطلوب معرفة الفرق بين الطلبة الرافعة والطلبة الكابسة وذكر القاعدة التي تؤسس عليها طلبة

الحريق

(٥) إذا كان في مضخة براما $هـ ك =$ بوصة واحدة $ل هـ =$ ٤ بوصات وقطر $ا =$ ٤ بوصات أيضا وتطر

ي = نصف بوصة فامقدار القوة التي تنع على $ا$ بتوقيع قوة قدرها رطلين على $ل$

(٦) إذا كان مستودع الهواء قدرا سطوانة طلبة الآلة المفرغة أربع مرات فاعدد الرجاءات التي بعدها تنقص كثافة الهواء النصف

(٧) المطلوب بيان الحد الذي يقل اليه درجة الفراغ المستفجة من الآلة المفرغة

(٨) إذا كان قطر مكبس الطلبة الرافعة يساوي قدم واحد ورجة المكبس تساوي قدمين ونصف وعدد رجائه ثمانية في كل دقيقة فامقدار ثقل الماء الذي ترفعه الطلبة المذكورة في كل دقيقة بفرض أن أعظم ارتفاع للمكبس عن سطح الخزان أقل من ٣٣ قدم وأن ارتفاع البادوستة المائي ٣٣ قدما

(٩) إذا كان المكبس عند وصوله الى أعلى نقطة من رجته مرتفعا عن سطح الخزان بمقدار ٣٠ قدم فامقدار ثقل الماء الذي ترفعه الطلبة المذكورة في الدقيقة الواحدة

أمثلة

(١) إذا كانت النسبة الكائنة بين المستودع واسطوانة طلبة الآلة المفرغة تساوي ١:٤ فامقدار الهواء الذي يسير تفرغه الى النهاية الربعة الخامسة

(٢) ما التأثير الذي يحصل على شدة حبل ناقوس الغواص بفتح زجاجة (صوداوتر) داخل الناقوس المذكور

(٣) إذا كان $هـ$ ثقل ناقوس الغواص $ل$ ثقل كمية من الماء حجمها كجم مادة الناقوس $ا$ ثقل كمية

من الماء جميعها مساو لنجم الناقوس من الداخل فاهو البرهان على انه اذا كان الناقوس خفيفا بحيث لا يمكن انغماره بدون قوة يكون وضع توازن غير ثابت اذا ضغط الى ان صارت النسبة الكائنة بين ضغط الهواء الداخل وبين ضغط الحقو كنسبة ث : هـ - قه (راجع المثال الرابع في الملحقات)

(٤) اذا غمر ناقوس اسطوانى ارتفاعه خمسة اقدام الى ان صار الخطاط ظهره عن سطح التوازن هـ قد ما فاما مقدار المسافة التى تشغلها الهواء داخله بفرض ان ارتفاع البارومتر المائى ٣٣ قدما - واما مقدار الهواء الذى يلزم ضغطه داخل الناقوس ليطر الماء بتمامه

(٥) بعد عدد كثير من رجاءات مكبس الآلة المفرغة كان ارتفاع الزئبق فى البارومتر ٣٠ بوصة وكانت اسطوانة المكبس ثلث المستودع والمطلوب البرهان على انه بعد ثلاث رجاءات يصير ارتفاع الزئبق $\frac{١٤}{٣}$ بوصة تقريبا
(٦) انبوبة رفيعة من زجاج طرفها العلوى مغلق قلبت وغمر طرفها المفتوح فى حوض زئبقى داخل مستودع مكثف وكان طول الانبوبة المذكورة ١٥ بوصة وظهر بعد نزول المكبس ثلاث مرات ان الزئبق ارتفع خمس بوصات فاما يكون ارتفاع الزئبق المذكور اذا كان المكبس قد نزل أربع مرات (مع اعتبار ان ارتفاع البارومتر ٣٠ بوصة)

(٧) ناقوس غواص اسطوانى حجمه الداخل ح قدما مكبا قد غمر بحيث ارتفع الماء داخله بقدر $\frac{١}{٣}$ من ارتفاعه ثم استمر الناقوس فى النزول بسرعة منتظمة قدرها ٣ قدما فى الثانية الواحدة والمطلوب البرهان على ان عدد الاقدام المكعبة من الهواء الذى ضغطه الحقو اللازم ادخالها فى كل ثانية بحيث يكون الماء حافظا دائما لارتفاع واحد داخل الناقوس هو (١ - $\frac{١}{٣}$) $\frac{٣}{٤}$ ح بفرض ان هو هو ارتفاع البارومتر المائى بالاقدام

(٨) اذا كان طول ماسورة الامتصاص لطلية معتادة اعلى سطح الماء عشرة اقدام وان قطاع فارغ الماسورة العليا اربعة امثال قطاع فارغ الماسورة السفلى وكان ارتفاع البارومتر المائى ٣٣ قدما فاهو البرهان على انه اذا وصل الماء الى الماسورة العليا عند انتهاء الرجفة الاولى للمكبس يكون طول الرجفة مساويا $\frac{٣}{٧}$ قدر تقريبا

(٩) اذا كان مستودع الآلة المفرغة موضوع على سائل فيه جسم عائم فكيف تحسب كثافة الهواء الذى يكون فى المستودع المذكور بعد رجفة واحدة للمكبس

(١٠) ناقوس غواص اسطوانى ارتفاعه ٢ مصحوب ببارومتر غمر فى سائل وكان ارتفاع الزئبق فى البارومتر قبل وبعد الانغمار هـ ما هو على التناظر والمطلوب البرهان على ان الخطاط ظهر الناقوس عن سطح السائل يكون مساويا للمقدار $(\frac{٣}{٤} + \frac{١}{٤}) (ق - هـ)$

بفرض ان ث الثقل النوعى للزئبق ، ث الثقل النوعى للسائل

(١١) انبوبة ممتلئة ذات فرعين رأسيين احدهما مفتوح والاخر مغلق على جزء منها بالزئبق وكانت كثافة الهواء المحصور بين الزئبق وبين النهاية المغلقة للانبوبة المذكورة مساوية فى مبدأ الامر لكثافة الهواء الخارج

الخارج ووضعت هذه الانبوبة داخل مستودع الآلة المفرغة والمطلوب إيجاد قانون به يتعين الفرق بين ارتفاعي الزئبق في فرع الانبوبة المذكورة بعد رجات عددها h للمكبس

(١٢) إذا كانت أعلى نقطة يصل إليها مكبس طلمبة معتادة موجودة أسفل المنفذ الذي ينصب منه الماء فما مقدار اعظم شدة واقعة على ساق المكبس

(١٣) المعلوم سعة وتقل صمام مكبس طلمبة الآلة المفرغة والمطلوب معرفة النقطة التي يفتح فيها الصمام أثناء نزول المكبس في المرة التي عددها h

(١٤) إذا كان h طول رجة مكبس طلمبة الآلة المفرغة $2h$ بعده عن الحافة العليا للأسطوانة عندما يكون في أعلى وضع له a بعده عن قاع الاسطوانة المذكورة عندما يكون في أدنى وضع له b كثافة الهواء الجوى فما هو البرهان على أن النهاية التي تصل إليها درجة كثافة الهواء داخل المستودع تكون مساوية للمقدار

$$\frac{ab}{(1+h)(b+h)}$$

الباب السابع

طريقة تعيين الأثقال النوعية - الأثقال النوعية للهواء والماء - الميزان الايد روستايتكى - الايدرومتر المقادير المقارنة بين الأثقال النوعية للهواء والماء

سؤال .. للمقارنة بين الأثقال النوعية للهواء والماء تؤخذ زجاجة كبيرة يمكن سدها سدا محكما بحنفية ويصير تقريبها من الهواء بواسطة الآلة المفرغة

ثم توزن هذه الزجاجة فارغة وبعد ذلك يصير ادخال الهواء فيها وتوزن ثانيا ثم يجرى وزنها مملوءة بالماء فإذا فرض أن θ ثقل الزجاجة المذكورة فارغة وأت θ_1 ثقلها مملوءة بالهواء ثم بالماء على التوالي يكون

$\theta - \theta_1 =$ ثقل الهواء الذي احتوت عليه الزجاجة

$\theta - \theta_2 =$ ثقل الماء الذي احتوت عليه أيضا

وحينئذ يكون $\theta - \theta_1$: $\theta - \theta_2$ هما ثقلاهما جبين متساويين من الهواء والماء ويكون

الثقل النوعي للماء : الثقل النوعي للهواء :: $\theta - \theta_1$: $\theta - \theta_2$

وبالطريقة عينها يمكن المقارنة بين الثقل النوعي لأي غاز وبين الثقل النوعي للماء

ثم إن الثقل النوعي للماء في درجة 0° ، قدر الثقل النوعي للهواء في درجة الصفر 768 مرق تحت ضغط 768 بوصة من الزئبق في درجة الصفر

للمقارنة بين الثقلين النوعيين لسائلين بواسطة ثقل جبين متساويين منها

نفرض أن θ ثقل الزجاجة θ_1 ثقلها مملوءة بأحد السائلين (١) θ_2 ثقلها مملوءة بالسائل الآخر

(٢) فيمكن

ث - ث = ثقل السائل (١) الذي احتوت عليه الزجاجه ()
ث - ث = ثقل السائل (٢) الذي احتوت عليه الزجاجه أيضا

وحينئذ يكون

$$\frac{\text{الثقل النوعي للسائل (١)}}{\text{الثقل النوعي للسائل (٢)}} = \frac{\text{ث - ث}}{\text{ث - ث}}$$

نأذله تستفرغ الزجاجه عند تعيين وزنها يلزم لزيادة الضغط أن يطرح من ث ثقل الهواء الذي احتوت عليه
لتعيين الثقل النوعي لجسم بمحذو الاجزاء صغيره توضع تلك الاجزاء في زجاجه ثم تملأ الزجاجه المذكوره
بالماء ويفرض ان ثقلها في هذه الحاله هو ث ثم يفرض ان ث هو ثقل الزجاجه المذكوره مملوءه بالماء فقط اذ
هو ثقل الجسم المذكور في الهواء وحينئذ يكون

ث - ث = ثقل الاجزاء - ثقل الماء المحذوف منها

= ث - ثقل الماء المحذوف

وعليه يكون

ث + ث - ث = ثقل الماء المحذوف وحينئذ يكون

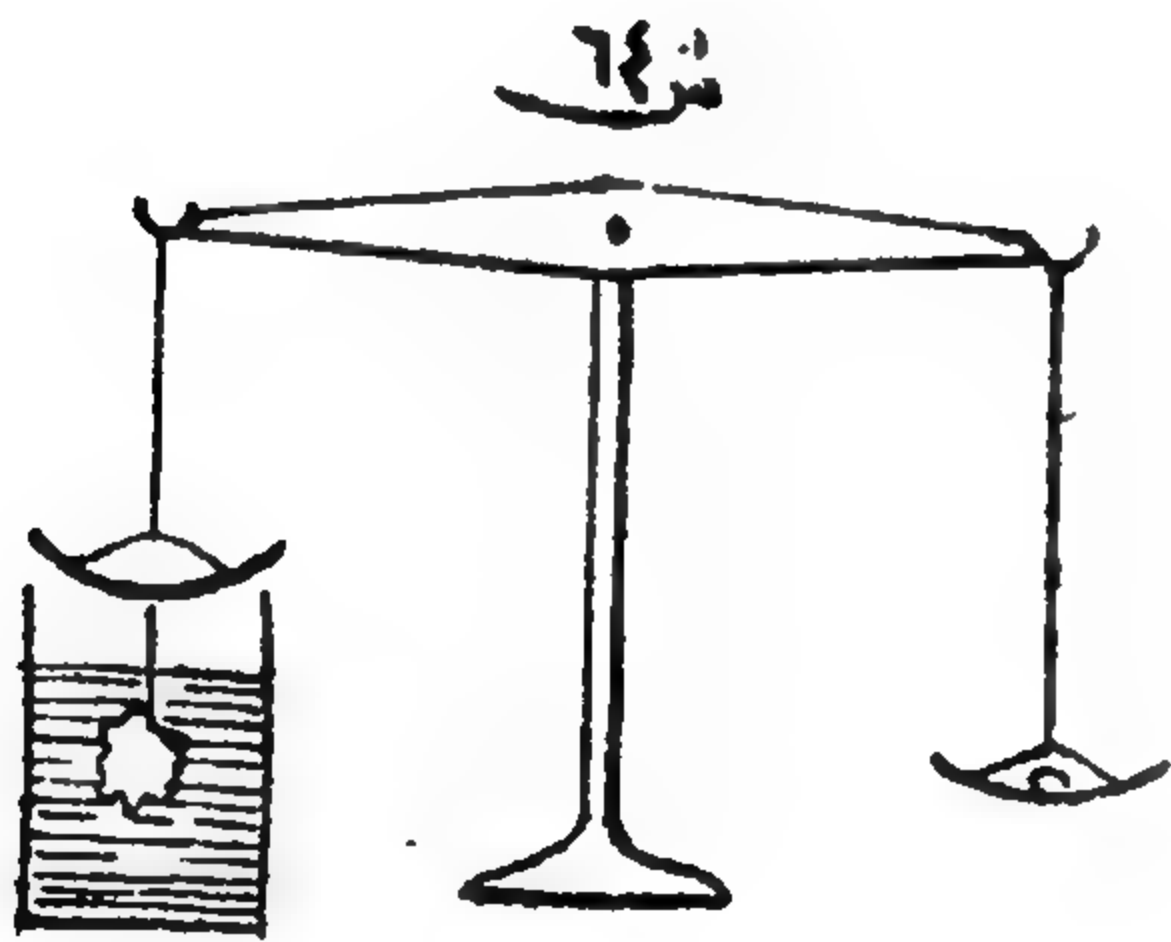
$$\frac{\text{الثقل النوعي للجسم}}{\text{الثقل النوعي للماء}} = \frac{\text{ث + ث - ث}}{\text{ث}}$$

واذا راعينا الهواء المحذوف بالجسم فيكون الثقل الحقيقي للجسم اكبر من ث بقدر ثقل الهواء المحذوف وهذا
الثقل يلزم حينئذ ان يضاف على ث

الميزان الايدروستاتيكي

الميزان الايدروستاتيكي هو ميزان معاد احدى كفتيه اصغر من الاخرى واقرب الى القب من الاولى
كما في شكله كي يمكن ان تعلق بها الاثقال التي تغرق في الماء
وكيفية استعمال الميزان المذكور توضح بالمثالين الآتيين

المثال الاول - للمقارنه بين الثقلين النوعيين لجسم ومائع نفرض ان ث هو ثقل الجسم في الهواء ثم نضع المائع
في اناء كما في الشكل ونعلق الجسم في كفة الميزان



ثم نفرض ان ث هو ثقل الجسم في المائع المذكور حينئذ يكون ث - ث
هو الثقل الذي فقده الجسم في المائع ويكون حينئذ هو ثقل المائع
المحذوف بالجسم بناء على مبدأ

وحيث ان ث ، ث - ث هما ثقلان متساويين من الجسم والمائع
فيكون

الثقل النوعي للجسم : الثقل النوعي للمائع :: ث : ث - ث

واذا راعينا الهواء المحذوف بالجسم فيلزم ان نضيف ثقله الى ث حيث ان الثقل الحقيقي للجسم كان قد نقص
بقدر ثقل الهواء المذكور

وليزر ان سزاعى هذه المحرطة ايضا فى البندين الآتين
 ١٤٥ - قد فرضنا فيما تقدم ان ثقل الجسم اقل من ثقل المائع لكن اذا كان اخف منه فيلزم ان يعلق به جسم
 ثقيل ذو حجم وثقل كافيين لاسكان انفارهما معا فى المائع
 فاذا فرض أن ث هو ثقل الجسم المفروض فى الهواء وان س هو ثقل الجسم الثقيل الملتصق به فى الهواء
 ، س هو ثقل الجسم الثقيل فى المائع ، ث هو ثقل الاثنان معا فى المائع يكون

$$ث + س - ث = ث$$
 ثقل المائع المحذوف بالجسمين المذكورين معا حيث انه هو الثقل المفقود ،

$$س - س = ث$$
 ثقل المائع المحذوف بالجسم الثقيل وحده وعليه يكون

$$ث + س - ث = ث$$
 ثقل المائع المحذوف بالجسم المفروض وحده ويكون

$$\frac{\text{الثقل النوعى للجسم}}{\text{الثقل النوعى للمائع}} = \frac{ث}{ث + س - ث}$$

١٤٦ - المثال الثانى - للمقارنة بين الثقلين النوعيين لما تعين نأخذ جسما وزنه يكون اقل من كل من المائعين
 ونفرض ان ث ثقله فى الهواء

وان ث ثقله فى احد المائعين (١)

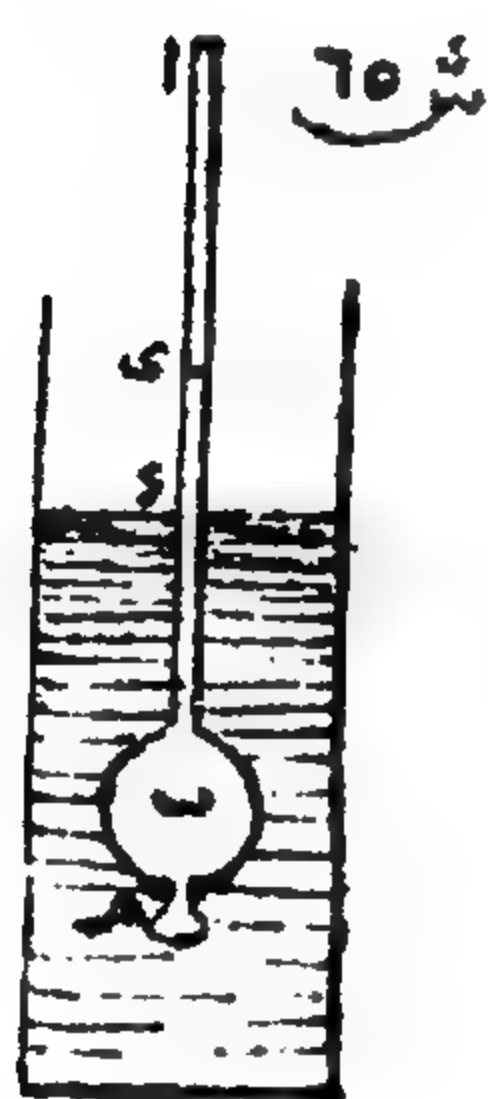
، ث ثقله فى المائع الآخر (ب) فيكون

ث - ث = ث ثقل المائع (١) المحذوف بالجسم ،
 ث - ث = ث ثقل المائع (ب) المحذوف بالجسم المذكور وعليه يكون

$$\frac{\text{الثقل النوعى للمائع (١)}}{\text{الثقل النوعى للمائع (ب)}} = \frac{ث - ث}{ث - ث}$$

الايدرومتر المعتاد

١٤٧ - يتركب الايدرومتر المعتاد من ساق مستقيم منه بكرتين مجوفتين ب و ، شكل ٦٥
 ويضع الايدرومتر عادة من الزجاج والكرة تكون مشغلة بكيفية بحيث يمكن
 ان تتور الآلة المذكورة رأسية



وحينما يغم الايدرومتر ويعوم فى مائع فإنه يجذف من المائع المذكور بقدر ثقله
 ويرصد وضعى التوازن فى مائعين مختلفين يتعين لهما المحذوفان منها ويمكن حينئذ
 المقارنة بين الثقلين النوعيين للمائعين المذكورين

وحينئذ اذا فرض ان م هي مساحة قطاع الساق وان ح هي حجم الايدرومتر
 عائما فى المائع (١) كان و من الساق فى سطح المائع وانه لما كان عائما فى المائع (ب) كان ي من الساق المذكور
 فى سطح المائع وفرض ان ث ، ث هما الثقلان النوعيان للمائعين (١) ، (ب) على التناظر يكون

$$ث = ث (ح - م \times ١٠)$$

$$ث = ث (ح - م \times ١٠)$$

وعليه يكون

$$\frac{٢ - ٢١ \times ٢}{٢ - ٢١ \times ٢} = \frac{٢}{٢}$$

اختبار في الباب السكاج

- (١) جسم أخف من الماء وزنه خمسة ارطال لصقت معه قطعة من معدن وكان وزنها معاً في الماء سبعة ارطال والمطلوب المقارنة بين الثقليين النوعين للجسم المفروض والماء.
- (٢) جسم وزنه ٥٠ رطلاً يزن ١٦ رطلاً في مائع (١) ١٨ رطلاً في مائع (ب) والمطلوب المقارنة بين الثقليين النوعين للمائعين (١) (ب)
- (٣) الحجم الكلي للأيدرومتر خمس بوصات مكعبة وقطر ساقه $\frac{1}{8}$ بوصة وقد عامر الأيدرومتر المذكور في مائع (١) وبقي من ساقه اعلى سطح المائع المذكور بوصة واحدة ثم عامر في مائع (ب) وبقي من ساقه اعلى سطح المائع المذكور بوصتان والمطلوب المقارنة بين الثقليين النوعين للمائعين (١) (ب)
- (٤) ما مقدار حجم الفلين الذي ثقله النوعي ٢٤ رطلاً لأن يلقى بقطعة حديد وزنها ستة ارطال وثقلها النوعي ٧٦ بحيث يمكن أن تقوم في الماء على وشك الفرق
- (٥) جسم يزن ٥٠ قحمة في الفراغ ويزن ٤٠ قحمة في الماء ١٠ قحمة في الكحول والمطلوب تعيين الثقليين النوعين للجسم المذكور والكحول
- (٦) إذا كان وزن قطعة معدنية في الفراغ أزيد من وزنها في الماء بمقدار ١٠ قحمة وأزيد من وزنها في الكحول بمقدار ١٦٠ قحمة فما يكون الثقل النوعي للكحول
- (٧) قطعة معدنية تزن ١٥ أوقية في الماء لصقت بقطعة من خشب وزنها ٤٠ أوقية في الفراغ وكان وزن الاثنين معاً في الماء عشرة أواق والمطلوب تعيين الثقل النوعي للخشب

أمثلة

- (١) قطعة من الخشب تزن ٥٧ رطلاً في الفراغ لصقت بسبيكة من الفضة وزنها ٤٢ رطلاً وكان وزن الاثنين معاً في الماء ٣٨ رطلاً والمطلوب تعيين الثقل النوعي للماء ١ وأن الثقل النوعي للفضة ١٠٠٠.
- (٢) جسم ثقيل وزنه في الماء أربعة امثال وزن قطعة مادية في الفراغ ووزن الجسم والقطعة معاً في الماء ثلاث امثال وزن القطعة المادية المذكورة في الفراغ والمطلوب البرهان على ان الثقل النوعي لتلك القطعة هو ٥٠٠
- (٣) صندوق معدني مكعب الشكل مجوف لحول أحد احدى بوصة واحدة وسماكته $\frac{1}{8}$ بوصة يكون على وشك الفرق في الماء إذا لصقت بقاعه قطعة من الفلين حجمها ٣٤ رطلاً وبوصة مكعبها ونقلها النوعي ٥٠٠ والمطلوب تعيين الثقل النوعي لمعدن الصندوق المذكور

(٤) لنذكر المسائل (٤) (٥) (٦) حيث انها منسوبة على مواد لم تدرس للتلاميذ

(٤) قطعة

- (٤) قطعة من الملح تزن في الهواء ٦,٣ قحه وحينما تغطى بشمع ثقله النوعى ٩٦ ر. يكون الثقل الكلى في الهواء ٨,٢٢ قحه وفي الماء ٣,٠٢ قحه والمطلوب تعيين الثقل النوعى لقطعة الملح المذكورة
- (٧) ^(*) خاتم مركب من ذهب والماس وفضين متساويين من الباقوت يزن $\frac{1}{4}$ ٤٤ ويزن في الماء $\frac{3}{4}$ ٣٨ قحه وحينما يحذف أحد الفضين المذكورين ينقص ثقله في الماء فحتمان والمطلوب تعيين ثقل الماس من بعد معلومية أن الثقل النوعى للذهب $\frac{1}{16}$ وللماس $\frac{1}{3}$ والياقوت ٣ ر
- (٨) إذا كان ثمن الجالون ^(٢) من شراب نقي ثقله النوعى ٧٥ ر. هو ١٦ شلن فما يكون ثمن المزوج المكوّن من الشراب المذكور والماء الذي يكون ثقله النوعى ٨ ر. بفرض أن الثقل النوعى للماء ١
- (٩) إذا فرضت أن مادة خفيفة كثافتها ك قد وزنت بانثقال كثافتها ك وكانت كثافة الجوى هي الوحدة حينما يكون البارومتر على ارتفاع ٣٠ بوصة فما هو البرهان على أنه إذا انخفض زئبق البارومتر بوصة واحدة يرى أن المادة تتغير بمقدار $\frac{ك - ك'}{(١ - ك')(٣٠ - ك' - ٢٩)}$ من ثقلها الأول - وهل في هذه الحالة يكون هذا التغير بالزيادة أو بالنقص
- (١٠) رجا بة ثقيلة ملئت بسائل (١) ووزنت في كل من السائلين (ب) ، (ج) وظهر أن الثقليتين الظاهريين لها هما (١) ، (٢) ثم بعد ذلك ملئت بالسائل (ب) ووزنت في كل من السائلين (ج) ، (١) وظهر أن الثقليتين الظاهريين لها هما (٢) ، (٣) ثم ملئت بالسائل (ج) ووزنت في كل من السائلين (١) ، (ب) وظهر أن الثقليتين الظاهريين لها هما (٣) ، (٤) والمطلوب البرهان على أن
- $$١ + ٢ + ٣ = ٤ + ٣ + ٢$$

الملحقات

ولستغل الآن محل المسئلتين الآتيتين لأهيتهما فنقول -

- (١) مركز الضغط - يمكن إيجاد قاعدة عمومية لاختطاط مركز ضغط أى سطح مستو ولذلك ينقسم السطح المذكور بمستقيمات افقية الى جملة اجزاء صغيرة جدا ونفرض أن ١ هي مساحة أحد هذه الاجزاء ، $س$ اختطاطه عن سطح المائع فينشد يكون
- $$الضغط عليه = ح ك س$$

وإذا فرض ان $س'$ هو اختطاط مركز الضغط للسطح المفروض يتحصل من القانون المعتاد لمركز القوى المتوازية أن

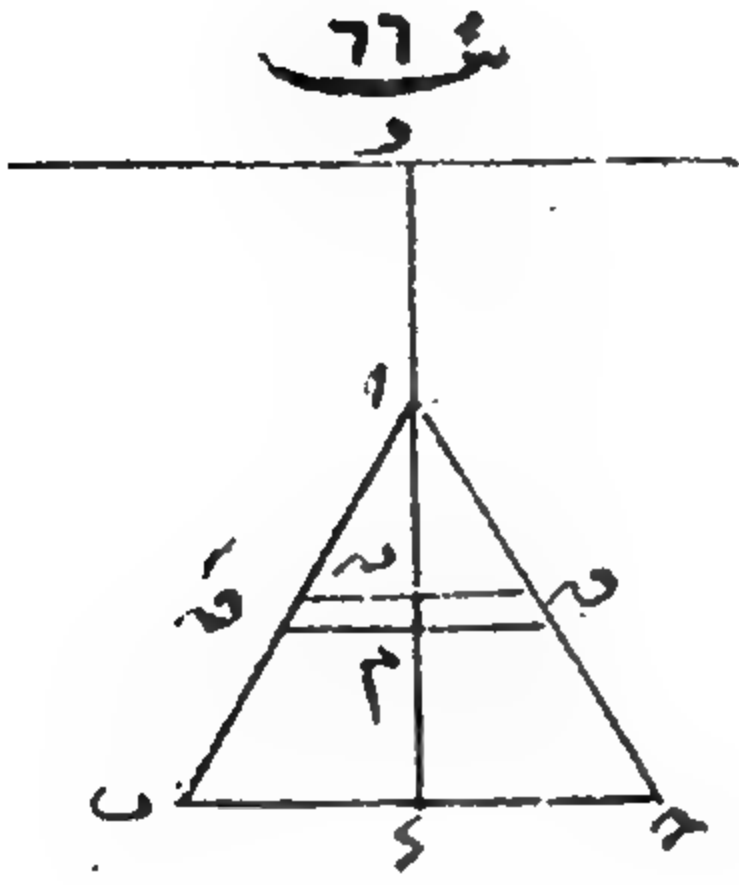
$$س' = \frac{س ح ك ١ + س ح ك ٢ + \dots}{س ح ك ١ + س ح ك ٢ + \dots}$$

لأن $ح ك ١$ بح (١) هو الضغط الكلى على السطح المفروض

(*) قد حذف السوالان (٥) ، (٦) حيث انها موقّسة على مواد لم تدرس للتلاميذ

(٢) حجم الجالون من الماء يزن عشرة أرطال انجليزية

مثال - اذا كان مثلث متساوي الساقين مغورا رأسيا بحيث أن قاعدته افقية ورأسه ٢ محطة عن السطح بقدرى كفاي شكل ٦٦ وكان المطلوب إيجاد مركز الضغط فنرض أن



$$ا = هـ \text{ وأن } ا = هـ = د \times \frac{هـ}{د} = م = \frac{هـ}{د}$$

نفرض أن الخط ١ء مقسم الى اجزاء متساوية عددها ٤ فيكون

$$هـ = د = د \times \frac{هـ}{د} = م = د + د + د + د$$

وعليه يكون

$$م (١) = (د + د) = د \times \frac{هـ}{د} = م$$

ثم نأخذ المجموع من ١ الى ٤ = د = د + د + د + د = د

$$م (١) = د = د \times \frac{هـ}{د} = م = د + د + د + د$$

وفي هذه الحالة

$$م (٢) = د = د \times \frac{هـ}{د} = م = د + د + د + د$$

$$م (٣) = د = د \times \frac{هـ}{د} = م = د + د + د + د$$

$$م (٤) = د = د \times \frac{هـ}{د} = م = د + د + د + د$$

وعليه يكون

$$م (١) = د = د \times \frac{هـ}{د} = م = د + د + د + د$$

ويجعل ٤ عددا غير محدود يحدث

$$م (١) = د = د \times \frac{هـ}{د} = م = د + د + د + د$$

وبالمثل يكون

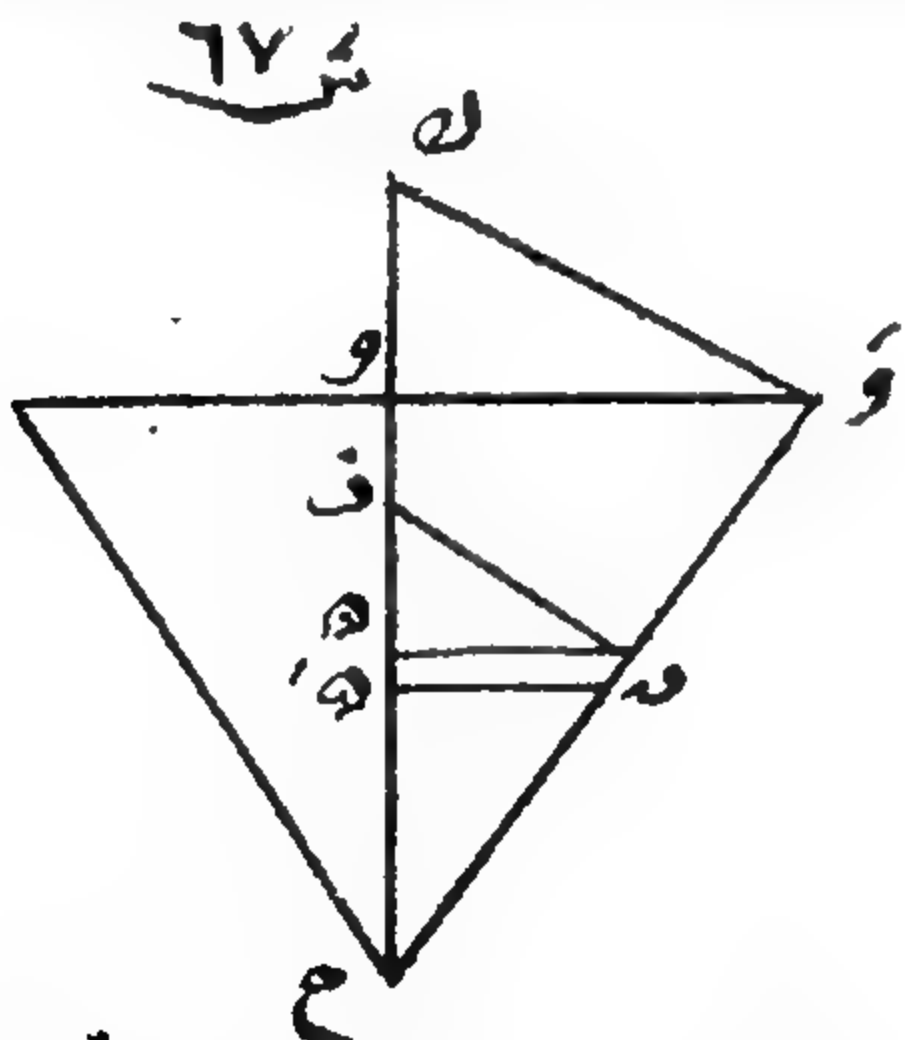
$$م (١) = د = د \times \frac{هـ}{د} = م = د + د + د + د$$

وحينئذ فيكون

$$\frac{١ \times ١ + ٢ \times ٢ + ٣ \times ٣ + ٤ \times ٤}{١ + ٢ + ٣ + ٤} = \frac{١ + ٤ + ٩ + ١٦}{١٠} = \frac{٣٠}{١٠} = ٣$$

(٢) في المثال الثاني من شكل ٦٧ يمكن إيجاد اتجاه محصلة ضغط السائل بالطريقة الرسمية

ولذلك نفرض أن وح شكل ٦٧ الذي هو ارتفاع المخروط منقسم الى خمسة اجزاء متساوية



قد ركل منها ٥ و تمرر بنقط التقاسيم مستويان افقية فنقسم نصف سطح

المخروط الى خمسة مناطق نصف دائرية

ثم نفرض ان ٥ هو نصف قطر احدى هذه المناطق فينبذ يكون الضغط

على أى نقطة من المنطقة او محصلة الضغوط على المنطقة مارا بالنقطة ف

من المحور لأن ٥ هو العمودى لسطح المخروط في نقطة ٥ وزيادة

على ذلك فالضغط على المنطقة يتغير بالنسبة لتغير البعد ٥ (اى بعد سطح المنطقة) او يتغير بالنسبة

الى ٥ و ٥ و ٥ و ٥ و ٥

أو بالنسبة الى $و د \times ح$
ولكن اذا كان $و ك$ هو العمودي للسطح في نقطة $و$ فال حاصل $و د \times ح$ يتغير بالنسبة
الى $و د \times ح$ أو

بالنسبة الى $f \times f$ ف ح

ثم اذا جعل $ك ح$ قطرا ويسم عليه $ك$ وفرض أن $ف ك$ هو احدان الكرة وعمودي على $ك ح$ يكون
 $ك ف \times ف ح = ف ك$

وحينئذ يكون الضغط على المنطقة متغيراً بالنسبة الى F كما

وعلى ذلك فيمكن إيجاد مركز القوى المتوازنة المرفوعة في جميع نقط الخط في ك والمناسبة لمساحات
قطاعات الكرة المارة بهذه النقط

ومن الواضح ان ذلك المركز يكون في مركز ثقل الكرة ويكون حينئذ هو منتصف الخط AC

راجاء المحصلة من شكل ٦٨ يمر حينئذ بنقطة المنتصف من وفي الاتجاه

الذى يعلم بالمعادلة

$$16 \frac{2}{5} = 16 \frac{4}{10}$$

السابق ايما دها في المثال الثاني المذكور التي فيها ے هي ميل رہس على الأفق

وتكون س حينئذ هي مركز الضغط ولايجاد وضعها يقال ان

وکیوں $\frac{27-25}{25 \times 27} = \frac{2}{27} = 0.074$

$$\frac{z}{z-1} = 1 - \frac{1}{z} \quad \text{أو}$$

$$\frac{z_v}{1 + \frac{b}{s}} = z^p$$

ولكن

$$\begin{aligned} \text{ح} &= \frac{1}{2} \text{ح} = \frac{1}{2} \text{ق} \text{أ} \\ \text{سح} &= \frac{\frac{1}{2} \text{ق} \text{أ} \times \text{ق} \text{أ}}{\frac{1}{2} \text{ق} \text{أ} \times \text{ط} \text{أ} + 1} \end{aligned}$$

فيكون

وهو المطلوب

ESEN-CPS-BK-0000000885-ESE

465228

